



**SKRIPSI – ME 141501**

***DESAIN FLAT TOP BARGE 300 feet MENGGUNAKAN  
PORTABLE DYNAMIC POSITIONING SYSTEM***

**Izzu Alfaris Murtadha  
NRP 4211 100 060**

**Dosen Pembimbing  
Ir.Agoes Santoso,M.Sc.,M.Phil.  
Juniarko Pranada, ST., MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*



**FINAL PROJECT – ME 141501**

**FLAT TOP BARGE 300 feet DESIGN USING PORTABLE  
DYNAMIC POSITIONING SYSTEM**

**Izzu Alfaris Murtadha  
NRP 4211 100 060**

**Advisor  
Ir.Agoes Santoso,M.Sc.,M.Phil.  
Juniarko Pranada, ST., MT.**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*



# LEMBAR PENGESAHAN

## **DESAIN *FLAT TOP BARGE* 300 *feet* MENGUNAKAN *PORTABLE DYNAMIC POSITIONING SYSTEM***

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Machinery and Desain (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Izzu Alfari Murtadha**  
NRP 4211 100 060

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

(



2. Juniarko Prananda, ST.MT

(



SURABAYA  
Januari 2017

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

# **LEMBAR PENGESAHAN**

## **DESAIN FLAT TOP BARGE 300 feet MENGUNAKAN PORTABLE DYNAMIC POSITIONING SYSTEM**

### **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Bidang Studi Marine Machinery and Desain (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**Izzu Alfaris Murtadha  
NRP 4211 100 060**

**Disetujui oleh Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan**



**Dr.Eng. Muhammad Badruz Zaman, S.T., M.T.**  
**NIP.19770802 200801 1 007**

**SURABAYA  
Januari 2017**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

,

# **DESAIN *FLAT TOP BARGE* 300 feet DENGAN MENGGUNAKAN *PORTABLE DYNAMIC POSITIONING* SYSTEM**

Nama : Izzu Alfaris Murtadha  
NRP : 4211100060  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS  
Pembimbing : Ir.Agoes Santoso,M.Sc.,M.Phil.  
Juniarko Prananda, ST., MT

## **Abstrak**

Sistem *Portable Dynamic Positioning* belum banyak diaplikasikan pada kapal terutama pada tongkang. Selain untuk fungsi *Dynamic Positioning*, sistem tersebut dapat digunakan menjadi penggerak utama kapal. Dengan menggunakan sistem ini, kapal mampu untuk tidak menggunakan jangkar karena fungsinya dapat dilakukan oleh sistem *Portable Dynamic*. Maka dari itu penelitian mengenai pengaplikasian *Portable Dynamic Positioning System* pada kapal ini dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah kapal *Flat Top Barge* 300 feet serta, menentukan *spesifikasi Portable Dynamic Positioning System* yang digunakan, dan mengetahui stabilitas kapal yang dirancang pada kondisi muatan kosong dan muatan maksimal. Penelitian ini merancang kapal dengan dimensi utama lwl 90.1 meter, lebar 25 meter, tinggi 5.5 meter ,dan sarat 4.2 meter. Untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan maksimal 8 knot, dibutuhkan empat buah *thruster* dengan daya masing-masing 225 kW, sehingga total daya yang dihasilkan adalah 1100 kW. Penelitian ini menganalisa tiga kondisi stabilitas kapal, yaitu kondisi muatan penuh, muatan kosong, dan muatan maksimal. Setiap kondisi muatan akan dilakukan analisa mengenai besar *payload* dan sarat air yang dihasilkan. Untuk kondisi muatan

penuh dihasilkan *payload* sebesar 5650 tonne dengan sarat air pada LCF sebesar 4.181 meter. Lalu pada kondisi muatan kosong besar *displacement* adalah 2809 tonne dan sarat air pada LCF adalah 1.591. Pada kondisi tiga yaitu muatan maksimal, dihasilkan *payload* sebesar 7450 tonne dengan sarat air pada LCF sebesar 4.994 meter.

**Kata Kunci:** *Flat Top Barge 300feet, Portable Dynamic Positioning System, Thruster, Stabilitas Kapal*

## **FLAT TOP BARGE 300feet DESIGN USING PORTABLE DYNAMIC POSITIONING SYSTEM**

Name : Izzu Alfaris Murtadha  
NRP : 4211100060  
Department : Marine Engineering - ITS  
Adviser : Ir.Agoes Santoso,M.Sc.,M.Phil.  
Juniarko Prananda, ST., MT

Portable Dynamic Positioning System has not commonly applied to the ship, especially on barge. Besides for Dynamic Positioning function, the system can be used as ship's main propulsion. By using this system, the ship able to not using anchors because the functions can be performed by the Portable Dynamic System. Therefore, research about the application of Portable Dynamic Positioning System on the ship is conducted. This research aims to design a Flat Top Barge 300feet ship, to determine the specifications of Portable Dynamic Positioning System which is used, and to find out the ship stability which is designed on the empty payload condition and maximum payload. This research designed the ships with main dimensions LWL 90.1 meters, 25 meters wide, 5.5 meters high and 4.2 meters draught. To generate the ship with a maximum speed of 8 knots, it takes four thruster supplied with power 225 kW each, so that the total generated power is 1100 kW. This study analyzes three conditions of the ship stability, there are the condition of full payload, empty payload, and maximum payload. Each payload conditions will be analyzed regarding the large payload and draught water produced. The first is full payload conditions resulting payload in the amount of 5650 ton with a draught on the LCF at 4,181 meters. The second is the large empty payload condition displacement is 2809 ton and water draught on the LCF at 1,591. And the last is

maximum payload conditions, resulting payload in the amount of 7450 ton with a draught on the LCF at 4,994 meters.

**Key words:** *Flat Top Barge 300feet, Portable Dynamic Positioning System, Thruster, Ship Stability*



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam atas nikmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penelitian dan penulisan laporan tugas akhir dengan judul ***“Desain Flat Top Barge 300 feet Dengan Menggunakan Portable Dynamic Positioning System”*** dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan, do’a dan bantuan semua pihak. Secara khusus penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT, yang senantiasa memberikan nikmat baik berupa kesehatan, petunjuk serta kesabaran sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Keluarga tercinta, ayah : Syamsul Munir, ibu : Dyah Harsanti, adik:Izzu Ar Rifqi Rabbani,Jihan Nabila Taqiyah beserta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan baik doa, semangat, dan motivasi dalam pengerjaan penelitian ini.
3. Bapak Dr.Eng.M.Badruz Zaman,ST.,MT. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Prof.Semin Sanuri,ST.,MT.,Ph.D selaku Sekretaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
5. Bapak Indra Ranu Kusuma,ST.,M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
6. Bapak Ir.Agoes Santoso,M.Sc.,M.Phil. selaku dosen pembimbing pertama yan. telah memberikan ilmu, nasihat, bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bapak Juniarko Prananda,ST.,MT. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu sabar memberikan support yang besar, bimbingan, nasihat, serta wawasan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir.

8. Bapak Irfan Syarief Arief,ST.,MT. selaku Kepala Laboraturium *Marine Machinery and Design* (MMD ) yang selalu memberikan arahan serta ilmu yang membantu pengerjaan tugas akhir.
9. Bapak Ir.Tony Bambang Musriyadi,PGD.,MMT selaku dosen wali yang senantiasa memberikan motivasi, nasihat, serta tuntunan selama masa perkuliahan di ITS.
10. Bapak Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D selaku dosen pengajar di Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang selalu memberi nasihat dan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir.
- 11.Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS yang telah memfasilitasi selama perkuliahan.
12. Teman – teman seperjuangan tugas akhir Marine Machinery and Design ( MMD ), Anggara Tio Kurniawan (ME'11), Wisnu Putro (ME'11), Arrijal Yudha (ME'11), Syamsi Firdhaus (ME'11), Abdullah Azzam (ME'11), dan Dimas Hermansyah (ME'11) yang membantu penulis dalam berdiskusi dan bertukar pendapat dalam penulisan Tugas Akhir ini.
13. Sahabat – sahabat ku Fayun Bondan Magfiroh (ME'11), Almira Fauziah Kusumaningayu (ME'11), dan Cahyo Putro Indro ( LJ'15) yang selalu menjadi tempat bertukar pikiran dan senantiasa memberi semangat.
14. Saudara seperjuangan dan teman suka duka AMPIBI 11 yang senantiasa memberi semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Rekan-rekan member Marine Machinery and Design (MMD).

16. Semua pihak yang terlibat dalam pengerjaan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Selaku penulis saya menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan laporan ini baik berupa struktur bahasa maupun kata yang digunakan. Oleh karena itu, kritik dan saran kami harapkan demi perbaikan penulisan selanjutnya. Akhir kata, semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun penulis sendiri untuk bahan studi selanjutnya. Amin.

Surabaya, 16 Januari 2017

Penulis,

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
<b>Abstrak</b> .....	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR PERSAMAAN.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kapal Tongkang / Barge.....	5
2.1.1 Working Barge.....	5
2.1.2 Flat Top Barge.....	6
2.1.3 Oil Barge.....	6
2.1.4 Construction Barge.....	7
2.1.5 Self Propelled Barge.....	7

2.2	Sistem Propulsi Kapal Pada Umumnya .....	8
2.2.1	Fixed Pitch Propeller (FPP) .....	9
2.2.2	Controlable Pitch Propeller (CPP) .....	9
2.2.3	Water Jet Propeller System .....	9
2.2.4	Contra Rotating Propeller .....	10
2.2.5	Cyclodial/Voith Scheinder Propeller .....	10
2.2.6	Paddle Wheel .....	10
2.2.7	Azimuth Padded Propeller .....	11
2.2.8	Ducted Propeller .....	11
2.2.9	Overlapping Propeller .....	12
2.3	<i>Dynamic Positioning System</i> .....	12
2.3.1	Karakteristik Portable Dynamic Positioning System .....	12
2.3.2	Pengoperasian Portable Dynamic Positioning System .....	15
2.3.3	Aplikasi Portable Dynamic Positioning System .....	16
2.4	Konsep Perencanaan Kapal.....	17
2.5	Konsep Perencanaan Kapal.....	17
2.6	Stabilitas Kapal .....	17
2.7	Tahanan Kapal .....	19
2.8	Gaya Yang Bekerja Pada Lambung Kapal .....	20
2.9	<i>Maxsurf</i> .....	22

## BAB 3 METODOLOGI

3.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	24
3.2	Studi Literatur .....	24
3.3	Pengumpulan Data .....	25
3.4	Perancangan Kapal Flat Top Barge.....	25
3.5	Analisa Software .....	25
3.6	Penentuan Spesifikasi Portable Dynamic Positioning System .....	25
3.7	Desain General Arrangement .....	26
3.8	Kesimpulan.....	26
3.9	Diagram Metodologi Penulisan Tugas Akhir.....	27
<b>BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Proses Desain Flat Top Barge .....	29
4.1.1	Desain 2D .....	29
4.1.2	Desain 3D.....	30
4.2	Analisa <i>Flat Top Barge</i> .....	31
4.2.1	Analisa <i>Maxsurf</i> .....	31
4.2.2	Analisa <i>Hull Speed</i> .....	36
4.2.3	Analisa <i>Hydromax</i> .....	44
4.2.4	Analisa Ketinggian <i>Thruster</i> .....	48
4.3	Spesifikasi <i>Portable Dynamic Positioning System</i> .....	72
4.3.1	Analisa Peletakan dan Penentuan Jumlah Thruster Pada Portable Dynamic Positioning System .....	72

4.3.2	Pemilihan Spesifikasi Portable Dynamic Positioning System .....	75
4.4	Gambar <i>General Engineering</i> .....	78
4.4.1	Rencana Umum Tampak Atas .....	78
4.4.2	Rencana Umum Tampak Samping .....	79
4.4.3	Rencana Umum Tiap <i>Deck</i> .....	79
4.4.4	Rencana Umum Tangki .....	81
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan .....	84
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA .....		87
LAMPIRAN		



## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Hasil Running <i>Hull Speed</i> .....	36
Tabel 4.2 <i>Minnor Losses Pipa Suction</i> .....	52
Tabel 4. 3 <i>Minnor Losses Pipa Discharge</i> .....	53
Tabel 4. 4 <i>Peletakan Tangki Ballast, Fuel Oil, dan Fresh Water</i> .....	59
Tabel 4. 5 <i>Output Simulasi Muatan Penuh</i> .....	61
Tabel 4. 6 <i>Output Simulasi Muatan Kosong</i> .....	64
Tabel 4. 7 <i>Output Simulasi Muatan Maksimal</i> .....	67
Tabel 4. 8 <i>Peletakan Komponen Portable Dynamic Positioning System</i> .....	74

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Working Barge</i> Dengan Dek Akomodasi .....	6
Gambar 2. 2 <i>Flat Top Barge</i> .....	6
Gambar 2. 3 <i>Oil Barge</i> .....	7
Gambar 2. 4 <i>Construction Barge</i> .....	7
Gambar 2. 5 <i>Self Propelled Oil Barge</i> .....	8
Gambar 2. 6 <i>Portable Dynamic Positioning System</i> .....	13
Gambar 2. 7 <i>Hydraulic Power Unit ( HPU)</i> .....	14
Gambar 2. 8 <i>Outdrives Unit</i> .....	14
Gambar 2. 9 <i>Control Van</i> .....	15
Gambar 3. 1 <i>Flow Chart</i> Pengerjaan Tugas Akhir.....	27
Gambar 4. 1 Desain 2D Tampak Atas.....	30
Gambar 4. 2 Desain 2D Tampak Samping.....	30
Gambar 4. 3 Desain 3D Kapal.....	31
Gambar 4. 4 Penentuan Titik <i>Zero</i> Kapal.....	32
Gambar 4. 5 Penentuan <i>Station</i> .....	32
Gambar 4. 6 Penentuan <i>Waterline</i> .....	33
Gambar 4. 7 Penentuan <i>Buttock Line</i> .....	34
Gambar 4. 8 <i>Parametric Transformation</i> .....	34
Gambar 4. 9 Kalkulasi <i>Hydrostatic</i> .....	35
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan <i>Power</i> dan <i>Speed</i> .....	39
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Tahanan dan <i>Speed</i> ...	39
Gambar 4. 12 <i>Free Surface Calculation Parameters</i> .....	40
Gambar 4. 13 Terjadinya Gelombang Dilihat Dari Bawah	41
Gambar 4. 14 Terjadinya Gelombang Dilihat Dari Atas....	41
Gambar 4. 15 Terjadinya Gelombang Dilihat Dari Bawah Kapal .....	42
Gambar 4. 16 Terjadinya Gelombang Dilihat Dari Arah Samping .....	43

Gambar 4. 17 Terjadinya Gelombang Dilihat Dari Arah Melintang Kapal .....	43
Gambar 4. 18 <i>Outfit Weight</i> .....	47
Gambar 4. 19 Input Data Pada Kondisi 1 .....	60
Gambar 4. 20 Output Simulasi Muatan Penuh .....	61
Gambar 4. 21 Input Data Pada Kondisi 2 .....	63
Gambar 4. 22 Output Simulasi Muatan Kosong .....	64
Gambar 4. 23 Input Data Pada Kondisi 3 .....	66
Gambar 4. 24 Output Simulasi Muatan Maksimal .....	66
Gambar 4. 25 Letak <i>Thruster</i> di Sarat Air Kondisi 1 Pada AP Tampak Samping Kapal .....	69
Gambar 4. 26 Letak <i>Thruster</i> di Sarat Air Kondisi 1 Pada FP Tampak Samping Kapal .....	69
Gambar 4. 27 Letak <i>Thruster</i> di Sarat Air Kondisi 1 Pada AP Tampak Samping Kapal .....	70
Gambar 4. 28 Letak <i>Thruster</i> di Sarat Air Kondisi 1 Pada AP Tampak Samping Kapal .....	70
Gambar 4. 29 Letak <i>Thruster</i> di Sarat Air Kondisi 1 Pada AP Tampak Samping Kapal .....	71
Gambar 4. 30 Letak <i>Thruster</i> di Sarat Air Kondisi 1 Pada FP Tampak Samping Kapal .....	71
Gambar 4. 31 Spesifikasi <i>Thruster</i> .....	76
Gambar 4. 32 Gambar Model <i>Thruster</i> OD300N .....	77
Gambar 4. 33 Gambar Model <i>Hydraulic Power Unit</i> OD300N .....	77
Gambar 4. 34 Rencana Umum Tampak Atas .....	78
Gambar 4. 35 Rencana Umum Tampak Samping.....	79
Gambar 4. 36 <i>Main Deck</i> .....	80
Gambar 4. 37 <i>Navigation Deck</i> .....	81
Gambar 4. 38 Peletakan Tangki Pada Kontruksi <i>Double</i> <i>Bottom</i> .....	81

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1 Perhitungan Titik Berat.....	18
Persamaan 2. 2 Perhitungan Titik Metasenta .....	18
Persamaan 2. 3 Perhitungan Daya Efektif.....	20
Persamaan 2. 4 Perhitungan Daya Dorong.....	21
Persamaan 2. 5 Perhitungan Daya Yang Disalurkan.....	21
Persamaan 2. 6 Perhitungan Daya Poros.....	22
Persamaan 4. 1 Perhitungan Berat Struktural.....	30
Persamaan 4. 2 Perhitungan Baja 0.8 H .....	30
Persamaan 4. 3 Perhitungan Baja 0.845 Cb .....	31
Persamaan 4. 4 Perhitungan <i>Weight of Remainder</i> .....	32
Persamaan 4. 5 Perhitungan <i>Weight of Diesel Electric</i> .....	32
Persamaan 4. 6 Perhitungan <i>Weight of Outfit</i> .....	33
Persamaan 4. 7 Perhitungan LWT.....	34
Persamaan 4. 8 Perhitungan Koreksi LWT .....	34
Persamaan 4. 9 Perhitungan DWT .....	35
Persamaan 4. 10 Perhitungan <i>Payload</i> .....	39
Persamaan 4. 11 Perhitungan Berat <i>Ballast</i> .....	39
Persamaan 4. 12 Perhitungan <i>Volume Ballast</i> .....	40
Persamaan 4. 13 Perhitungan <i>Koreksi Volume Ballast</i> .....	41
Persamaan 4. 14 Perhitungan Debit Pompa .....	41
Persamaan 4. 15 Perhitungan Diameter Pipa .....	42
Persamaan 4. 16 Perhitungan <i>Reynold Number</i> .....	43
Persamaan 4. 17 Perhitungan Aliran Fluida.....	43
Persamaan 4. 18 Perhitungan <i>Mayor Losses</i> .....	47
Persamaan 4. 19 Perhitungan <i>Mayor Losses</i> .....	60
Persamaan 4. 20 Perhitungan <i>Minor Losses</i> .....	61
Persamaan 4. 21 Perhitungan <i>Mayor Losses</i> .....	63
Persamaan 4. 22 Perhitungan <i>Mayor Losses</i> .....	64
Persamaan 4. 23 Perhitungan Head Total .....	66

Persamaan 4. 24 Perhitungan Kebutuhan Makan Minum...	66
Persamaan 4. 25 Perhitungan Kebutuhan Air .....	69
Persamaan 4. 26 Perhitungan Kebutuhan Air total .....	69
Persamaan 4. 27 Perhitungan Kebutuhan Cuci Mandi .....	70
Persamaan 4. 28 Perhitungan Berat Air Cuci Mandi .....	70
Persamaan 4. 29 Perhitungan Kebutuhan Air Total.....	71
Persamaan 4. 30 Perhitungan Kebutuhan Memasak.....	71
Persamaan 4. 31 Perhitungan Kebutuhan Berat Air .....	76
Persamaan 4. 32 Perhitungan Kebutuhan Air Total.....	77
Persamaan 4. 33 Perhitungan Kebutuhan Air Mesin .....	77
Persamaan 4. 34 Perhitungan Kebutuhan Air Mesin Bantu	78
Persamaan 4. 35 Perhitungan Berat Total Air Mesin.....	79
Persamaan 4. 36 Perhitungan Kebutuhan <i>Fuel Oil</i> .....	80
Persamaan 4. 37 Perhitungan Berat <i>Fuel Oil</i> .....	81
Persamaan 4. 38 Perhitungan Pompa .....	80
Persamaan 4. 39 Perhitungan Diameter Pipa .....	81

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia perkapalan yang pesat menyebabkan banyak inovasi-inovasi baru yang dikembangkan. Salah satu inovasi tersebut adalah dalam bidang *Dynamic Positioning* kapal. *Dynamic Positioning* adalah suatu fungsi untuk mengontrol sistem gerak dari kapal melalui sistem penggerak untuk mempertahankan posisi kapal agar tetap pada posisinya dari gaya-gaya yang bekerja diluar kapal. *Portable Dynamic Positioning System (PDPS)* adalah sebuah sistem penggerak unik, dimana memanfaatkan *azimuth propeller* sebagai alat penggeraknya yang bertujuan untuk mempertahankan posisi kapal agar tetap stabil serta dapat digunakan sebagai sistem penggerak utama kapal . Sistem ini terdiri dari beberapa *hydraulic outboard thruster* dengan *HPU (Hydraulic Power Unit)* untuk masing-masing *thruster*. Hal tersebut menjadikan sistem penggerak ini sangat sederhana namun tidak menurunkan performa sebagai sistem penggerak utama untuk mempertahankan posisi kapal agar tetap pada tempatnya.

Sampai saat ini untuk menjaga posisi kapal tetap diam ditengah guncangan gelombang laut, kapal-kapal menggunakan jangkar untuk menahan gaya-gaya yang bekerja. Namun penggunaan jangkar memiliki beberapa kekurangan yaitu jangkar dapat merusak biota dasar laut serta instalasi-instalasi yang berada didasar laut. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka digunakan *Portable Dynamic Positioning System* sebagai alternatif. Penggunaan *Portable Dynamic Positioning* dapat menggantikan jangkar dan sistem *mooring*, sehingga penggunaan sistem tersebut dapat ditinggalkan apabila memasang *Portable Dynamic Positioning System*. Sistem ini banyak digunakan pada kegiatan *offshore*, contohnya yaitu kapal-kapal *drilling* hingga *submersible rig*. Beberapa *barge* untuk menunjang pengerjaan

instalasi bawah laut seperti pemasangan dan perbaikan pipa serta kabel bawah laut.

Selain untuk fungsi *Dynamic Positioning*, sistem ini juga dapat digunakan sebagai unit penggerak kapal. Jadi penggunaan sistem ini juga dapat diaplikasikan ke kapal kargo atau tongkang. Penggunaan sistem ini untuk penggerak utama memungkinkan kapal memiliki *maneuver* yang lebih baik daripada penggunaan sistem poros *propeller*.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan desain sebuah kapal *Flat Top Barge 300 feet* yang menggunakan *Portable Dynamic Positioning System*. Pemilihan spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System* akan disesuaikan dengan kebutuhan daya yang diperlukan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji dalam Tugas Akhir adalah:

1. Bagaimana merencanakan desain kapal *Flat Top Barge 300 feet*.
2. Bagaimana menentukan kebutuhan daya dan spesifikasi dari sistem penggerak yang digunakan.
3. Bagaimana kondisi stabilitas kapal pada saat muatan penuh, muatan kosong, dan muatan maksimal.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir tidak meluas, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Perancangan kapal *Flat Top Barge 300 feet* menggunakan *software maxsurf*.
2. Tidak membahas sistem kelistrikan kapal.
3. Pada tugas akhir ini hanya merencanakan bentuk lambung kapal dan *layout* general engineering, serta merencanakan kebutuhan sistem penggerak kapal.



#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk :

1. Merancang desain lambung serta gambar *general arrangement* untuk kapal *Flat Top Barge 300 feet*.
2. Mendapatkan spesifikasi dan kebutuhan daya untuk *Portable Dynamic Positioning System* sebagai unit penggerak utama.
3. Mendapatkan kondisi stabilitas dari kapal pada kondisi muatan penuh, muatan kosong, dan muatan maksimal.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menjadi referensi mengenai desain bentuk lambung dan gambar rencana umum kapal *Flat Top Barge 300 feet*.
2. Menjadi referensi penggunaan unit *Portable Dynamic Positioning System* untuk dunia perkapalan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kapal Tongkang/Barge**

Kapal tongkang merupakan kapal dengan lambung datar atau berbentuk menyerupai kotak besar yang digunakan untuk mengangkut muatan baik itu material padat, curah, maupun yang bersifat cairan, belakangan ini sering juga digunakan untuk mengangkut peti kemas dalam kaitannya dengan *Short Sea Shipping*. Beberapa jenis kapal tongkang tidak *self propelled* sehingga harus ditarik atau didorong oleh kapal tunda. Untuk muatan yang memerlukan waktu bongkar muat tidak terlalu lama dan berlayar pada kecepatan yang rendah maka akan lebih menguntungkan untuk menggunakan tongkang yang mempunyai penggerak sendiri. Pertimbangan utama untuk menggunakan sistem penggerak pada tongkang adalah faktor ekonomi. Sedangkan untuk muatan yang membutuhkan waktu lama untuk bongkar muat maka lebih menguntungkan menggunakan tongkang tanpa sistem penggerak. Berdasarkan fungsinya, kapal tongkang dibagi dalam: (1) *Working Barge*; (2) *Flat Top Barge*; (3) *Oil Barge*; (4) *Construction Barge*; (5) *Self Propelled Barge*.

##### **2.1.1 Working Barge**

Merupakan *barge* yang digunakan untuk keperluan *offshore* namun tidak memiliki penggerak sendiri. *Flat Top Barge* bisa digunakan sebagai pangkalan atau tempat tinggal bagi para pekerja sehingga jenis tongkang ini ada yang memiliki dek akomodasi. Selain itu jenis *barge* ini juga bisa digunakan untuk berbagai pekerjaan *offshore*.



Gambar 2.1 *Working Barge* dengan dek akomodasi

### 2.1.2 *Flat Top Barge*

Adalah *barge* yang berbentuk paling sederhana (berbentuk kotak seperti korek api) dan bagian atas/geladak berbentuk datar. Jenis Barge ini kebanyakan tidak mempunyai mesin induk sendiri, jadi untuk operasionalnya ditarik atau didorong oleh kapal tunda.



Gambar 2.2 *Flat Top Barge*

### 2.1.3 *Oil Barge*

Adalah jenis *barge* yang digunakan khusus untuk memuat minyak. *Barge* jenis ini ada juga yang bersifat ganda, yaitu dibagian bawahnya digunakan untuk membawa

minyak sedangkan bagian atas digunakan untuk memuat jenis kargo lainnya.



Gambar 2.3 Oil Barge

#### **2.1.4 Construction Barge**

Adalah jenis *Flat Top Barge* yang menunjang proses pekerjaan *erection* dilepas pantai. Biasanya diatas dek dilengkapi dengan ruang akomodasi untuk para pekerja.



Gambar 2.4 Construction Barge

#### **2.1.5 Self Propelled Barge**

*Self Propelled Barge* adalah salah satu jenis kapal tongkang yang memiliki sistem penggerak sendiri (*Self Propelled*) dan memiliki palkah untuk memuat

cairan/minyak dibagian bawah geladak. Kapal tongkang jenis ini biasanya digunakan untuk pelayaran pendek atau untuk pelayaran yang melewati sungai besar.



Gambar 2.5 Kapal *Self Propelled Oil Barge*

## 2.2 Sistem Propulsi Kapal pada Umumnya

Secara umum kapal yang bergerak dimedia air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan ke alat gerak kapal berasal dari daya poros, sedangkan daya poros bersumber dari daya rem yang merupakan daya luaran dari motor penggerak kapal.

Ada beberapa pengertian mengenai daya yang sering digunakan dalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal, antara lain: (i) Daya Efektif (*Effective Power*); (ii) Daya Dorong (*Thrust Power*); (iii) Daya yang disalurkan (*Delivered Power*); (iv) Daya Poros (*Shaft Poros*); (v) Daya Rem (*Brake Power*); dan Daya yang diindikasikan (*Indicated Power*).

Berdasarkan prinsip kerjanya, alat penggerak pada kapal (*propulsor*) adalah sebagai berikut: *Fixed Pitch Propeller*, *Controllable Pitch Propeller*, *Water Jet Propeller System*, *Contra Rotating Propeller*, *Cyclodial/Voith Scheinder Propeller*, *Paddle Wheel*, *Azimuth Padde Propeller*, *Ducted Propeller*, dan *Overlapping Propeller*.

### **2.2.1 Fixed Pitch Propeller (FPP)**

Pada penggerak kapal dengan tipe *Fixed Pitch Propeller* memiliki beberapa karakteristik, yaitu:

1. Telah umum dan mudah untuk diproduksi.
2. Baling-baling ini secara umum telah memenuhi proporsi yang tepat terutama jenis rancangan dan ukurannya, baik itu untuk *propeller* kapal kecil atau untuk kapal kargo berukuran besar.

### **2.2.2 Controllable Pitch Propeller (CPP)**

Pemilihan dalam aplikasi *CPP* dibandingkan dengan penggunaan *FPP* disebabkan oleh kebutuhan yang lebih tinggi untuk pengaturan dalam operasional yang harus lebih fleksibel daripada kebutuhan efisiensi propulsi pada saat kecepatan service. *CPP* membuat pergerakan dalam derajat kebebasan lebih mudah melalui kemampuan perubahan pitch dari daun baling-balingnya. Hal ini khususnya untuk kapal-kapal jenis *ferries*, *tugs*, *trawlers*, dan *fisheries*. Namun biaya instalasi *CPP* yang tinggi serta *maintenance* yang juga tinggi membuat model ini tidak terlalu umum digunakan.

### **2.2.3 Water Jet Propeller System**

Sistem propulsi *waterjet* telah menjawab tentang kebutuhan akan aplikasi sistem propulsi untuk variasi *small high speed crafts*, meski sesungguhnya juga banyak dijumpai aplikasi sistem ini pada kapal-kapal besar. Prinsip kerja *waterjet* adalah air dihisap melalui sistem *ducting* oleh

*internal pump* sehingga terjadi penambahan energi pada air. Kemudian air tersebut disemprotkan kebelakang dengan kecepatan yang tinggi sehingga menimbulkan gaya dorong. Gaya dorong yang dihasilkan merupakan hasil dari penambahan momentum yang diberikan ke air.

#### **2.2.4 Contra Rotating Propeller**

Baling-baling jenis ini mempunyai *dua coaxial propeller* yang dipasang dalam satu sumbu poros, namun berputar berlawanan arah. Jenis ini memiliki keuntungan *hidrodinamis* terhadap permasalahan penyelamatan *energy rotational slip steam* yang mungkin akan hilang bila menggunakan sistem *single screw propeller* yang konvensional. Energi lebih yang didapatkan adalah sekitar 15% dari dayanya. Baling-baling jenis ini biasanya diaplikasikan pada *small outboard units* yang beroperasi pada 1500-2000 RPM.

#### **2.2.5 Cyclodial/ Voith Scheinder Propeller**

Sistem ini dikenal dengan sebutan baling-baling poros *vertical*, meliputi satu set *vertically mounted vanes*, enam atau delapan dalam jumlah, berputar pada suatu cakram *horizontal*. Sistem ini memiliki keuntungan yang pantas dipertimbangkan dalam hal kemampuan gerak dalam hal mempertahankan posisi kapal dalam keadaan statis. Dengan aplikasi *propulsor* ini, maka instalasi kemudi yang terpisah pada kapal tidak diperlukan lagi.

#### **2.2.6 Paddle Wheel**

Merupakan salah satu tipe *propulsor* mekanik yang aplikasinya sudah jarang ditemui saat ini. Sesuai namanya, jenis ini menyerupai suatu roda pada bagian diameter luarnya, dan memiliki sudu-sudu pada diameter luar yang berfungsi untuk menambah momentum gerak. Terdapat dua



tipe sudu yang digunakan, antara lain *fixed blades* dan *adjustable blades*.

Pada *fixed blades*, sudu-sudu secara terikat secara mati pada bagian roda pedal tersebut. Sehingga hasil dari momentum gerak tidak begitu optimal. Namun jika ditinjau dari aspek teknis pembuatannya lebih mudah dari *adjustable blades*. Kelemahan dari jenis ini adalah penambahan lebar kapal akibat dari pemasangan dua roda pedal secara sejajar disebelah kiri dan kanan. Selain itu, konstruksi roda pedal lebih berat daripada *screw propeller*, sehingga menjadikan *propulsor* secara keseluruhan menjadi lebih berat. Kemudian jenis ini sangat rentan terhadap *rolling* kapal, sehingga akan menyebabkan ketidakseimbangan gerak kapal. Kondisi tersebut menyebabkan gaya dorong antara *paddle wheels* sebelah kiri dan kanan menjadi berbeda sehingga kapal bergerak tidak stabil. Aplikasi yang sesuai untuk jenis ini adalah pada perairan yang tenang.

### **2.2.7 Azimuth Padded Propeller**

Jenis *propulsor* ini memiliki tingkat *maneuver* dan efisiensi yang tinggi, demikian juga dengan *noise* dan *cavitation* yang *relative* rendah. Saat ini penggunaan dari sistem propulsi ini kebanyakan adalah dari *cruise liner*. Pengenalan teknologi pada aplikasi *Pod Propulsion* ini akan membawa perubahan untuk penempatan unit propulsi, hingga akhirnya tidak mempertimbangkan lagi susunan *shaft* atau *space* untuk motor penggerak.

### **2.2.8 Ducted Propeller**

Baling-baling *ducted* terdiri dari dua komponen, yaitu:

1. Saluran pipa (*Duct*)  
Berbentuk seperti gelang yang mempunyai potongan melintang berbentuk *aerofil*.
2. Baling-baling

Keberadaan saluran pipa akan mengurangi gaya tekan yang *induced* pada lambung kapal. Baling-baling jenis ini dikenal dengan *Kort Nozzles*. Efisiensi baling-baling ini dapat ditingkatkan melalui penambahan berat baling-baling.

### **2.2.9 Overlapping Propeller**

Konsep dari baling-baling ini adalah dua *propeller* tidak dipasang secara *coaxially*, tetapi masing-masing *propeller* memiliki sumbu poros pada sistem perporosan yang terpisah. Sistem ini dalam prakteknya sangat jarang diaplikasikan. Meskipun efisiensi propulsi dari sistem ini lebih tinggi dari *Single Screw Propeller*, namun sistem ini sangat berpengaruh terhadap besarnya tingkat getaran dan kavitasi yang ditimbulkan.

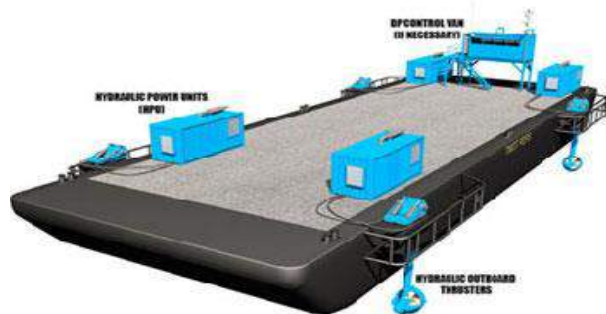
## **2.3 Dynamic Positioning System**

*Dynamic Positioning* dapat diartikan sebagai sebuah sistem yang dikendalikan lewat komputer dan digunakan untuk mengontrol pergerakan kapal agar tetap pada kondisi diam meskipun menerima guncangan. Hal tersebut memungkinkan kapal dalam kondisi diam tanpa melego jangkar. Keuntungan dari menggunakan sistem ini yaitu: (1) *Manuver* yang baik untuk merubah posisi atau arah gerak kapal ; (2) Untuk mempertahankan posisi kapal dalam kondisi diam tidak diperlukan *anchor handling tugs*; (3) Untuk memulai kerja sistem tidak diperlukan waktu yang lama.

### **2.3.1 Karakteristik Portable Dynamic Positioning System**

*Portable Dynamic Positioning System* adalah sebuah sistem yang menggunakan *azimuth thruster* dengan pendorong hidrolik yang terpisah dan dihubungkan ke sebuah *Control Van* yang berfungsi untuk mengontrol

keseluruhan sistem dari *Dynamic Positioning*. Propulsi dari sistem ini dikendalikan lewat komputer dan memungkinkan untuk mempertahankan posisi kapal dalam kondisi stabil tidak bergerak di perairan terbuka. Sistem terdiri dari *thruster* yang dikontrol pergerakannya oleh komputer dimana komputer memperhitungkan gaya dari angin dan gelombang untuk mempertahankan posisi stabil kapal agar tetap dalam kondisi tidak bergerak.



Gambar 2.6 *Portable Dynamic Positioning System*

Sebuah sistem *Portable Dynamic Position System* memiliki beberapa komponen, yaitu:

1. *Hydraulic Power Unit (HPU)*

Komponen ini merupakan container yang didesain sedemikian rupa untuk menjadi tempat beberapa komponen seperti *diesel engine*, tangki bahan bakar, dan sistem hidrolik yang berhubungan dengan *power* dari *outdrive thruster*. *HPU* disediakan untuk masing-masing *outdrive thruster* dan biasa diletakkan diatas dek.



Gambar 2.7 Hydraulic Power Unit (HPU)

2. *Platform*

Merupakan bantalan yang dilas di lambung kapal. Berguna sebagai rumah untuk *mount thruster* agar tetap stabil pada posisinya ketika mendapat guncangan.

3. *Outdrives Unit*

Terdiri dari dua (2) bagian yaitu *trushter* dan *mount thruster*. *Mount thruster* adalah bagian seperti poros yang menghubungkan ke *thruster*. Sedangkan untuk *thruster* adalah bagian penggerak berupa *azimuth thruster* yang dapat berputar  $360^0$  sedangkan untuk *mount trushternya* dapat digerakkan  $90^0$ .



Gambar 2.8 Outdrives Unit

#### 4. *Control Van*

Merupakan sebuah *control room* yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengontrol kinerja dari *Dynamic Positioning System*.



Gambar 2.9 *Control Van*

### 2.3.2 Pengoperasian *Portable Dynamic Positioning System*

Sistem *Portable Dynamic Positioning System* biasanya terdiri dari empat (4) atau lebih pendorong, termasuk *Power Unit*, dan satu (1) *Control Van*. Jenis pendorong yang digunakan adalah *azimuth thruster* yang dapat untuk berputar  $360^0$ , sedangkan untuk mount *trush*ternya dapat digerakkan  $90^0$ . Kondisi tersebut memungkinkan komputer untuk mencari sudut terbaik untuk pergerakan kapal. Dalam *Control Van* berisi kontrol terhadap *Dinamic Positioning*, termasuk juga control manual dan beberapa peralatan seperti *gyro compass*, *winds sensor*, *DGPS antenna*, dll. Kinerja thruster dapat dilihat di layar monitor dalam bentuk animasi

dari posisi kapal hasil dari sensor data yang telah dipasang. *Dynamic Position Program* memiliki sensor yang terhubung dengan software serta model matematika yang khusus dikonfigurasi untuk setiap parameter yang menggambarkan data kapal, seperti dimensi utama, *displacement*, serta letak dari *thruster* yang dihubungkan dengan beberapa komponen, yaitu *DGPS*, *radio ranging*, *wind sensor*, dan *gyro compass*.

### **2.3.3 Aplikasi *Portable Dynamic Positioning System***

Penggunaan *Azimuth Thruster* sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai sistem penggerak utama kapal karena faktor fleksibilitas dan manuver, namun terdapat beberapa kendala jika sistem ini digunakan sebagai penggerak utama kapal. Kendala utama yaitu biaya instalasi dan operasional yang mahal. Meskipun jika ditinjau dari tata letak, sistem ini tergolong simple dan tidak terlalu banyak memakan space di kapal. Mengacu hal tersebut, penggunaan *Portable Dynamic Positioning System* lebih banyak digunakan untuk fungsi mempertahankan posisi kapal agar tetap stabil ketika ditengah perairan. Biasanya untuk mempertahankan posisi agar tetap diam, kapal menurunkan jangkar agar dapat menjaga posisi kapal dari arus dan gelombang. Namun terdapat kendala dari proses ini antara lain jumlah jangkar yang digunakan lebih dari satu serta apabila terdapat instalasi bawah laut maka dikhawatirkan jangkar akan merusak instalasi tersebut. Maka untuk mengatasi kendala tersebut digunakanlah *Portable Dynamic Positioning system*. Sistem ini dapat diaplikasikan untuk kegiatan offshore yang membutuhkan kapal untuk dapat mempertahankan posisinya tetap stabil, contohnya yaitu untuk pemasangan instalasi bawah laut seperti pipa dan kabel.

## 2.4 Konsep Perancangan Kapal

Konsep perencanaan kapal tidak terlepas pada konsep design spiral, bahwa suatu kapal untuk dapat dibuat harus memenuhi segala aspek yang tercantum dalam spiral design, hal ini membuat perencanaan kapal menjadi kompleks dikarenakan adanya peninjauan kembali untuk mengecek kualitas dari hasil perencanaan dan produksi. Sehingga untuk merencanakan sebuah kapal maka harus mempertimbangkan beberapa aspek, yaitu daerah pelayaran, kondisi perairan, dan kapasitas *load* (muatan).

## 2.5 Metode Perancangan Kapal

Dalam proses perencanaan kapal, salah satu factor yang cukup signifikan untuk dipertimbangkan adalah penetapan metode perencanaan sebagai salah satu upaya untuk mendapatkan hasil yang optimal dan memenuhi kriteria yang telah disyaratkan. Metode perencanaan yang digunakan kali ini adalah metode perbandingan. Metode ini merupakan salah satu metode perencanaan kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan mengambil sebuah kapal acuan atau pembanding yang memiliki karakteristik sama dengan kapal yang akan dirancang.

## 2.6 Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan dari suatu benda yang melayang atau mengapung dan dimiringkan untuk kembali pada posisi semula. Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk dapat kembali ke kedudukan semula setelah mengalami olengan yang disebabkan oleh gaya-gaya luar yang mempengaruhinya. Stabilitas adalah persyaratan yang penting dalam desain suatu kapal. Terutama untuk *Flat Top Barge* yang seringkali bekerja dengan beban yang besar. Stabilitas ditentukan oleh tiga titik yaitu titik berat (*centre of gravity*), titik apung (*centre of buoyancy*), dan titik metasenta. Adapun pengertian dari tiga titik tersebut yaitu:

1. Titik Berat/ G (*Centre Of Gravity*)

Menunjukkan titik berat kapal, merupakan titik tangkap titik pusat dari sebuah gaya berat yang menekan kebawah. Besarnya titik berat adalah nilai titik tinggi metasenta diatas lunas (KM) dikurangi oleh tinggi metasenta (MG).

$$KG = KM - MG \dots \dots \dots (2.1)$$

KG = Titik Berat

2. Titik Apung/B (*Centre Of Buoyancy*)

Menunjukkan letak titik apung kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang tergenang air.

3. Titik Metasenta

Merupakan sebuah titik semu dari batas dimana G tidak boleh melebihi titik ini. Dinyatakan dalam rumus

$$KM = KB + BM \dots \dots \dots (2.2)$$

KB = titik tinggi apung diatas lunas

BM = radius metasenta

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu stabilitas positif (*stable equilibrium*), stabilitas netral (*neutral equilibrium*), dan stabilitas negatif (*unstable equilibrium*).

1. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Suatu keadaan dimana titik M berada diatas titik G, sehingga sebuah kapal yang memiliki sabilitas mantap sewaktu keadaan miring mesti memiliki kemampuan untuk kembali pada posisi tegak kembali.

2. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

Suatu keaddan stabilitas dimana titik G berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu berada pada keadaan miring. Dengan kata lain bila kapal miring tidak ada



momen pengembali maupun momen penerus sehingga kapal tetap pada sudut miring yang sama.

3. Stabilitas Negatif ( *Unstable Equilibrium* )

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berada dibawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negative sewaktu miring tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut kemiringannya akan semakin besar yang pada akhirnya membuat kapal terbalik.

## 2.7 Tahanan Kapal

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu akan mengalami gaya hambat (tahanan atau resistance) yang berlawanan arah dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya hambatan kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan kapal ( $V_s$ ), berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup oleh air (Displacement), dan bentuk badan kapal (Hull form).

Berdasarkan pada proses fisiknya (Couser 1977) mengemukakan bahwa hambatan kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan adanya viskositas fluida. Kemudian (Molland, 2008) menyederhanakan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*). Standar internasional dari ITTC mengklarifikasikan hambatan kapal di air tenang secara praktis dalam dua komponen hambatan utama yaitu hambatan viskos yang berkaitan dengan bilangan *Reynolds* dan hambatan gelombang yang bergantung pada bilangan *Froude*.

## 2.8 Gaya yang Bekerja pada Lambung Kapal

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (resistence) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat total ini merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat (tahanan) yang bekerja di kapal, meliputi Tahanan Gesek, Tahanan Gelombang, Tahanan *Appendages*, Tahanan Udara, dan Tahanan Residu. ( Surjo WA,2006). Secara sederhana tahanan total kapal dapat diperoleh dengan pemikiran sebagai berikut; Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (PD) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (PS), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (PB) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal. Ada beberapa pengertian mengenai daya yang sering digunakan didalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal (Surjo WA,2006), antara lain:

### 1. Daya Efektif (*Effective Power/PE*)

Adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari badan kapal (hull), agar kapal dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lain dengan kecepatan servis sebesar VS. daya efektif ini merupakan fungsi dari besarnya gaya hambat total dan kecepatan kapal. Untuk mendapatkan besarnya daya efektif kapal, dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$PE = RT \cdot VS \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

PE = Daya Efektif (kW)

RT = Gaya Hambat Total (kN)

VS = Kecepatan Servis kapal (Knots)

2. Daya Dorong (*Thrust Power/PT*)

Adalah besarnya daya yang dihasilkan oleh kerja dari alat gerak kapal (*propulsor*) untuk mendorong badan kapal. Daya dorong merupakan fungsi dari gaya dorong dan laju aliran fluida yang terjadi saat alat gerak kapal itu bekerja. Adapun persamaan Daya Dorong dapat dituliskan sebagai berikut.

$$PT = T \cdot Va \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

PT = Daya Dorong (kW)

T = Trust atau gaya dorong propeller (kN)

Va = Kecepatan advanced aliran fluida pada buritan (m/s)

Va= Vs (1-w), w adalah wake fraction.

3. Daya Yang Disalurkan (*Delivered Power/PD*)

Adalah daya yang diserap oleh baling-baling kapal guna menghasilkan daya dorong sebesar PT, atau dengan kata lain, PD merupakan daya yang disalurkan oleh motor penggerak ke propeller yang kemudian dirubahnya menjadi daya dorong kapal (PT). variable yang berpengaruh pada daya ini adalah Torsi yang disalurkan dan putaran baling-baling sehingga persamaan untuk menghitung PD adalah sebagai berikut:

$$PD = 2\pi \cdot QD \cdot nP \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

PD = Daya yang disalurkan (kW)

QD = Torsi propeller dibelakang kapal (kNm)

nP = Putaran propeller (rps)

4. Daya Poros (*Shaft Power/PS*)

Adalah daya yang terukur hingga daerah didepan bantalan tabung poros (*stern tube*) dari sistem perporosan

penggerak kapal. Untuk kapal berpenggerak turbin gas, pada umumnya menggunakan persamaan berikut:

$$PS = PD/\mu_s \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

PS : Daya yang disalurkan poros (kW)

$\mu_s$  : Efisiensi bantalan poros

#### 5. Daya rem (*Brake Power/PB*)

Adalah daya yang dihasilkan oleh motor penggerak utama dengan tipe *marine diesel engine*. Pada sistem penggerak kapal yang menggunakan *High Speed engine*, maka pengaruh rancangan sistem transmisi perporosan adalah sangat besar didalam menentukan besarnya daya PS. Jika kamar mesin terletak dibelakang dari badan kapal, maka besarnya *losses* akibat sistem transmisi perporosan tersebut adalah berkisar 2-3%. Namun bila kamar mesin terletak agak ketengah atau jauh didepan, maka besarnya *losses* akan semakin bertambah (Surjo WA,2006).

## 2.9 Maxsurf

Maxsurf Pro adalah program yang digunakan oleh *Marine Engineer* untuk membuat model *Lines Plan*. Pembuatan *Lines Plan* merupakan kunci utama suksesnya perancangan desain sebelum dilakukan analisa terhadap model. Seringkali pembuatan model berubah karena adanya ketidaksesuaian antara desain dan analisisnya, sehingga proses desain dapat digambarkan sebagai desain spiral yang saling menyempurnakan. Dasar pembangunan model pada *Maxsurf.Pro* menggunakan surface (seperti karpet) yang dapat ditarik dan dibentangkan sehingga bisa menjadi model yangutuh.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Untuk mencapai tujuan penelitian, maka peneliti menggunakan berbagai macam cara untuk mengumpulkan informasi dan data sebanyak-banyaknya untuk mewujudkan tujuan penelitian. Dalam penulisan skripsi ini, penulis menggunakan metode *kualitatif*. Menurut Moleong (2010), penelitian kualitatif yaitu penelitian yang bermaksud untuk memahami tentang apa yang dialami oleh subyek penelitian misalnya perilaku, *perspektif*, motivasi, tindakan secara *holistic* dan dengan cara deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa pada suatu konteks khusus yang alamiah dengan menggunakan berbagai metode ilmiah. Menurut Danzin dan Lincoln (1987), penelitian *kualitatif* adalah penelitian yang menggunakan latar ilmiah, dengan bermaksud menafsirkan fenomena yang terjadi dan dilakukan dengan cara melibatkan berbagai metode yang ada. Sedangkan jenis penelitian yang digunakan adalah studi kasus, yaitu sebuah pencarian fakta dengan interpretasi yang tepat. Studi kasus didefinisikan sebagai fenomena khusus yang dihadirkan dalam suatu konteks yang dibatasi. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mendapatkan data yang mendalam tentang, penggunaan *brine* sebagai *refrigerant* dalam system pendinginan ganda ruang muat jamak. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

#### **3.1 Identifikasi Masalah**

Tahap awal dalam penyusunan skripsi adalah mengidentifikasi masalah yang relevan dengan penulisan skripsi. Setelah itu dirumuskan permasalahan yang perlu diselesaikan terkait dengan penulisan tugas akhir ini.

#### **3.2 Studi Literatur**

Dilakukan dengan cara mengumpulkan sumber-sumber referensi yang berkaitan dengan judul skripsi guna menunjang

penulisan tugas akhir ini. Literatur yang diperoleh bisa bersumber dari, antara lain:

1. Buku
2. Jurnal
3. Artikel
4. Paper
5. Tugas akhir
6. Internet

### **3.3 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang pengerjaan tugas akhir. Data-data yang diperlukan secara umum adalah spesifikasi kapal pembanding *Flat Top Barge* yang akan digunakan serta spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System* yang akan diaplikasikan pada kapal *Flat Top Barge*.

### **3.4 Perancangan Kapal *Flat Top Barge***

Pada tahap ini dilakukan perencanaan kapal *Flat Top Barge*. Mula-mula menentukan kapal pembanding terlebih dahulu sebagai acuan. Lalu proses pengerjaan menggunakan *software maxsurfPro*. Proses desain meliputi rancangan 2D dan 3D.

### **3.5 Analisa *Software***

Melakukan analisa terhadap desain kapal yang telah dikerjakan sebelumnya, hasil analisa akan didapatkan kebutuhan daya, stabilitas kapal, dan letak *thruster* pada sarat air.

### **3.6 Penentuan Spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System***

Setelah dilakukan analisa makan akan didapatkan total kebutuhan daya, maka selanjutnya dapat ditentukan spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System*.

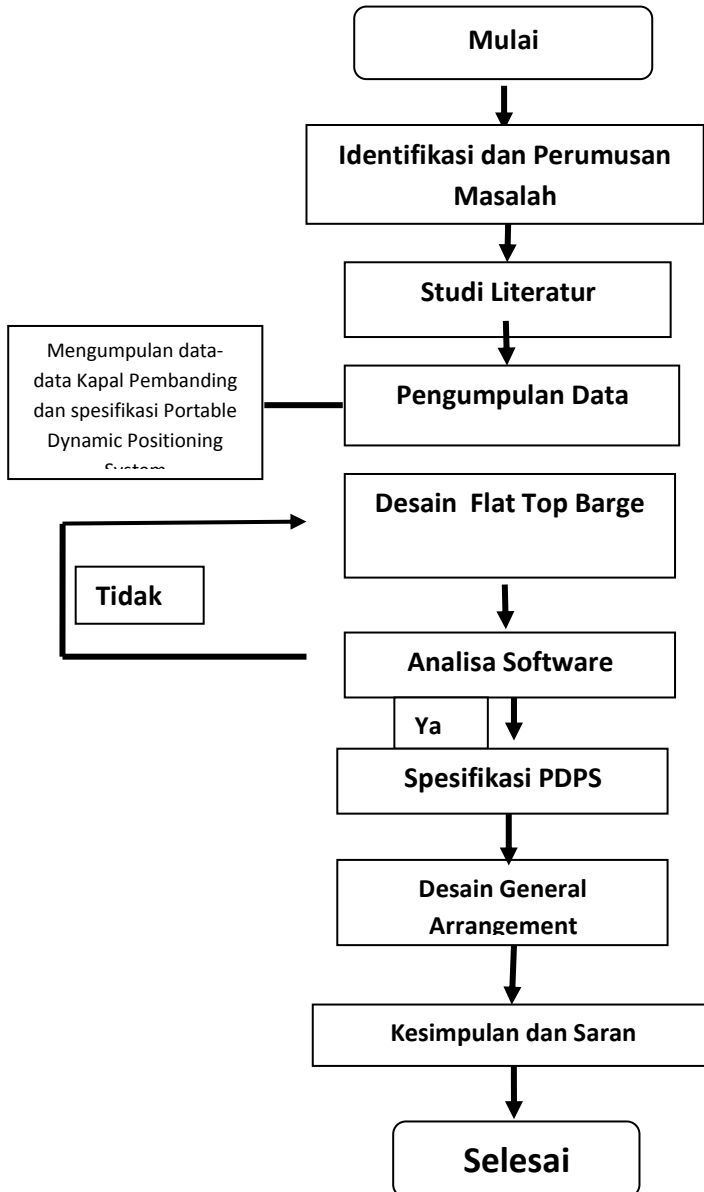
### **3.7 Desain *General Arrangement***

Setelah dilakukan analisa *software* dan mendapatkan spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System* maka dilanjutkan menggambar *General Arrangement* kapal.

### **3.8 Kesimpulan**

Merupakan tahap akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai permasalahan yang diambil dan tujuan yang telah ditetapkan.

### 3.9 Diagram Metodologi Penulisan Tugas Akhir





## **BAB 4**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Proses Desain *Flat Top Barge***

Efektifitas merupakan salah satu aspek yang krusial, sinkronisasi antara desain dengan daerah operasional menjadi hal yang sangat penting. Pada perencanaan sebelumnya telah ditentukan daerah operasional yaitu pada perairan Laut Jawa.

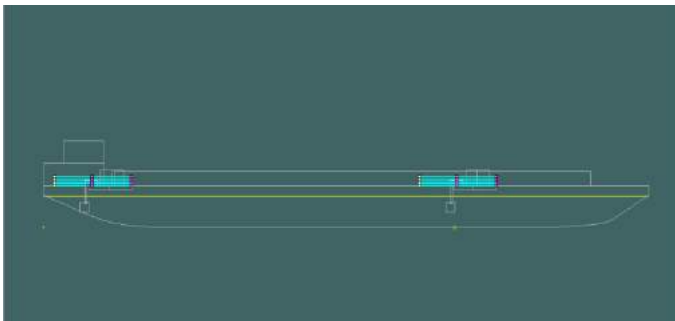
Proses desain pada tahap awal adalah perencanaan gambar 2D dengan ukuran utama kapal yang telah ditentukan. Penggambaran 2D berupa tampilan lambung kapal dalam *longitudinal section* dan *transverse section*. Sedangkan dalam desain 3D berfungsi untuk mengetahui kesalahan dari desain 2D yang telah dirancang, dengan kata lain pembuatan desain 3D adalah untuk koreksi gambar kontruksi lambung dari desain 2D sebelumnya. Dalam desain 3D ini akan didapatkan bentuk dan desain akhir dari lambung kapal yang nantinya akan dianalisis lebih lanjut.

##### **4.1.1 Desain 2D**

Perencanaan desain merupakan proses yang sangat penting. Hasil dari proses ini merupakan rancangan yang akan dikerjakan dilapangan. Pada tahap ini akan dilakukan desain secara 2D yang menggambarkan ukuran utama kapal pada beberapa sudut pandang. Ukuran utama kapal yang akan dirancang adalah sebagai berikut; Panjang kapal (Lwl) 91 meter, lebar kapal ( B ) 25 meter, tinggi kapal ( H ) 5.5 meter, sarat kapal ( T ) 4.2 meter. Perancangan secara 2D ini meliputi rancangan tampak atas dan tampak samping. Berikut merupakan desain dari Flat Top Barge:



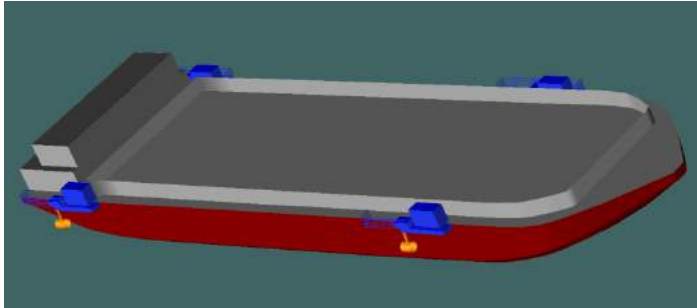
Gambar 4.1 Desain 2D Tampak Atas



Gambar 4.2 Desain2D Tampak Samping

#### 4.1.2 Desain 3D

Proses mendesain 3D dari kapal Flat Top Barge menggunakan *software Maxsurf Pro*. Desain 3D akan menampilkan bentuk lambung dari kapal. Proses ini sangat dipengaruhi oleh desain 2D sebelumnya, apabila pada desain 2D ada kesalahan maka akan tampak pada hasil desain 3D. Dibawah ini merupakan hasil desain 3D dari kapal *Flat Top Barge*:



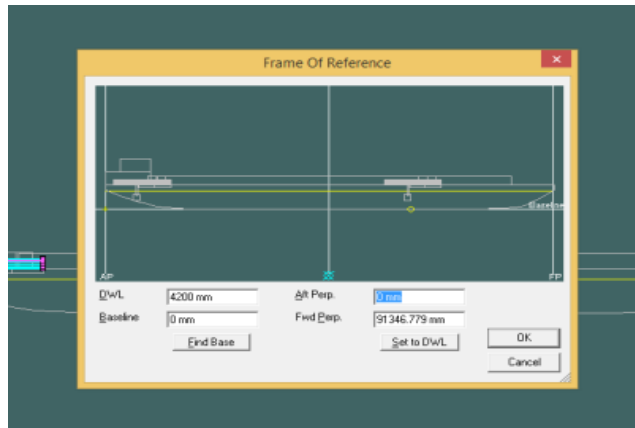
Gambar 4.3 Desain 3D Kapal

## 4.2 Analisa *Flat Top Barge*

Analisa yang dilakukan meliputi analisa *Maxsurf Pro*, *Hull Speed*, *Hydromax*, dan analisa letak *thruster*. Setiap proses analisa akan memberikan hasil atau output yang berbeda-beda. Setiap proses analisa akan menggunakan desain 2D dan 3D yang telah dikerjakan sebelumnya.

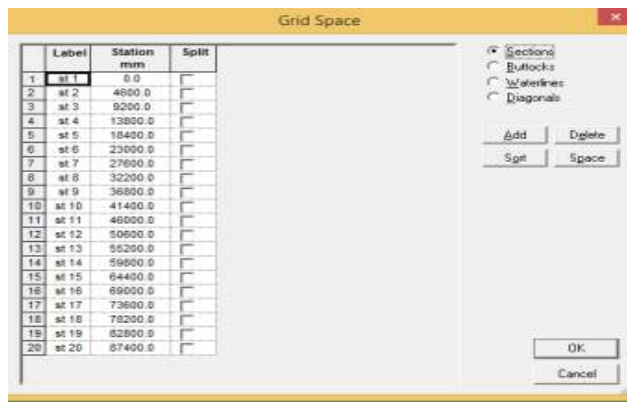
### 4.2.1 Analisa *Maxsurf*

Metode analisa dengan menggunakan *Maxsurf Pro* bertujuan untuk mendapatkan nilai dari kapal contohnya yaitu koefisien kapal serta nilai *displacement* kapal dan luasan daerah yang tercelup air. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan *Zero Point* (Titik 0 kapal) atau station 0 kapal. Untuk kapal *Flat Top Barge* ini tidak menggunakan sistem *Rudder* sehingga titik 0 kapal berada pada ujung paling belakang atau pada AP (*After Perpendicular*). Berikut merupakan peletakan titik *Zero Point*.



Gambar 4.4 Penentuan Titik Zero Kapal

Dari perencanaan titik 0 kapal, akan didapatkan panjang dari AP ke FP. Dari gambar diatas diketahui panjang AP ke FP adalah 91.347 meter pada sarat kapal. Langkah selanjutnya yaitu menentukan jumlah station yang digunakan, pada perencanaan ini adalah berjumlah 20 station dengan jarak antar station 4.6 meter. Perencanaan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.5 Penentuan Antar Station

Selain untuk merencanakan jumlah *station*, direncanakan juga jumlah *waterline* dan *buttock line*. Jumlah *waterline* didapat dengan membagi rata seluruh badan kapal secara memanjang keatas. Pada perencanaan ini pembagian *waterline* hanya pada lambung kapal dikarenakan tidak ada bangunan diatas kapal atau pada dek. Dibawah merupakan pembagian *waterline* pada lambung kapal.



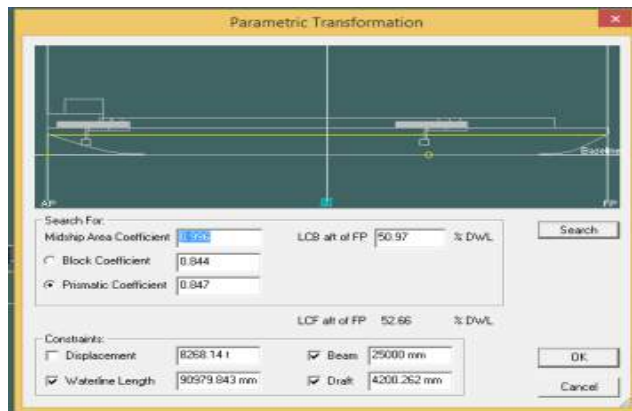
Gambar 4.6 Penentuan *Waterline*

*Waterline* pada kapal ini berjumlah 11 buah dengan masing-masing ketinggian 0.55 meter dimulai dari titik terbawah hingga titik teratas pada lambung kapal.

Sedangkan perencanaan *Buttock line* bertujuan untuk membagi kapal secara melintang dari bawah hingga atas lambung kapal. Perencanaan *Buttock Line* untuk kapal ini yaitu sebanyak 6 garis. Uraian dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 4.7 Penentuan *Buttock Line*

Apabila perencanaan titik 0 kapal telah direncanakan, begitu juga dengan station spacing, water line, dan buttock line juga telah direncanakan, maka akan ditemukan koefisien-koefisien kapal dan juga beberapa nilai seperti displacement kapal, water surfaced area, dll. Dibawah ini merupakan hasil dari nilai yang didapatkan:

Gambar 4.8 *Parametric Transformation*

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa dengan panjang kapal 90.98 meter, lebar 25 meter, dan sarat 4.2 meter makan menghasilkan koefisien midship 0.996, koefisien block 0.844, dan koefisien prismatic 0.847. Serta didapat nilai letak LCB dari FP berjarak 50.97% DWL.

Dari kalkulasi hydrostatic pada software maxsurf didapatkan hasil seperti nilai displacement beserta dengan ukuran utama kapal pada density air laut. Kalkulasi hydrostatic juga memberikan infomasi mengenai luasan badan kapal yang tercelup air dan juga nilai Waterplane Area (WPA). Berikut dibawah ini merupakan table hasil dari kalkulasi Hydrostatic:

Hydrostatics at DWL			
Measurement	Value	Units	
1 Displacement	8277.204	tonne	
2 Volume	8075.321	m <sup>3</sup>	
3 Draft to Baseline	4.2	m	
4 Immersed depth	4.201	m	
5 Lwl	90.98	m	
6 Beam w/l	25	m	
7 WSA	2768.882	m <sup>2</sup>	
8 Max cross sect area	104.628	m <sup>2</sup>	
9 Waterplane area	2147.861	m <sup>2</sup>	
10 Cp	0.848		
11 Cb	0.845		
12 Cm	0.996		
13 Cwp	0.944		
14 LCB from zero pt	44.964	m	
15 LCF from zero pt	43.471	m	
16 KB	2.213	m	
17 KG	0	m	
18 BMT	13.309	m	
19 BML	165.476	m	
20 GMT	15.522	m	
21 GML	167.689	m	
22 KML	15.522	m	
23 KML	167.689	m	
24 Immersion (TPC)	22.016	tonne/cm	
25 MTC	151.948	tonne.m	
26 RSI at 1deg = GMT/DI	2242.294	tonne.m	
27 Precision	Medium	50 station	

Density: 1.025 tonne/m<sup>3</sup> Recalculate

VCG: 0 m Close

Gambar 4.9 Kalkulasi *Hydrostatic*

#### 4.2.2 Analisa *Hull Speed*

*Software Hull Speed* merupakan salah satu bagian dari *Maxsurf* tetapi mempunyai bahasan dan output yang berbeda. Untuk *Hull Speed*, *output* yang didapatkan adalah *Power engine* yang direncanakan dibandingkan dengan tahanan kapal. *Output* lainnya adalah hasil simulasi tahanan gelombang pada kapal yang bergerak pada kecepatan maksimal yang telah ditentukan.

Perencanaan awal *Flat Top Barge* ini menggunakan kecepatan 8 knots. Pada metode yang akan disimulasikan menggunakan nilai efisiensi mesin sebesar 45%. Nilai efisiensi tersebut dimaksudkan untuk memberi ruang cadangan pada engine untuk mengatasi *losses* yang mungkin terjadi saat kapal beroperasi. Namun dalam analisa *Hull Speed* ini *Power engine* yang didapat merupakan *EHP* (*Effective Horse Power*) sehingga untuk menentukan *Power* yang dibutuhkan untuk memilih *engine*, harus dirubah menjadi *BHP* (*Brake Horse Power*) sesuai dengan efisiensinya. Hasil *running* mengenai *Power* dan tahanan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil *Running Hull Speed*

Speed	Resistance	Power
(knts)	(kN)	(kW)
0	--	--
0.2	0.09	0.02
0.4	0.31	0.14
0.6	0.66	0.45
0.8	1.13	1.03
1	1.71	1.96
1.2	2.41	3.3
1.4	3.21	5.14
1.6	4.12	7.54



Speed	Resistance	Power
(knts)	(kN)	(kW)
1.8	5.14	10.58
2	6.26	14.31
2.2	7.48	18.82
2.4	8.8	24.15
2.6	10.22	30.39
2.8	11.74	37.58
3	13.36	45.81
3.2	15.07	55.11
3.4	16.87	65.57
3.6	18.77	77.23
3.8	20.75	90.16
4	22.83	104.42
4.2	25	120.06
4.4	27.26	137.14
4.6	29.61	155.71
4.8	32.05	175.84
5	34.57	197.58
5.2	37.17	220.98
5.4	39.87	246.1
5.6	42.64	272.99
5.8	45.5	301.7
6	48.44	332.29
6.2	51.47	364.81
6.4	54.58	399.32
6.6	57.77	435.86
6.8	61.04	474.51
7	64.4	515.32

Speed	Resistance	Power
(knts)	(kN)	(kW)
7.2	67.84	558.36
7.4	71.36	603.69
7.6	74.97	651.41
7.8	78.68	701.58
8	82.48	754.32

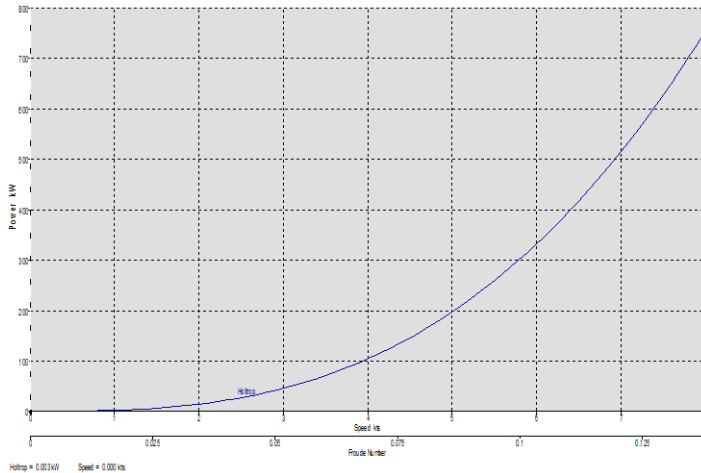
Nilai yang diberikan metode Holtrop pada saat *running* adalah sebagai berikut:

$V_s$  : 8 knot  
 $R_t$  : 82.48 kN  
 $BHP_{scr}$  : 754.32 kW

Dalam mencapai *Power* 754.32 kW,  $BHP_{mcr}$  merupakan Service Continuous Rating sebesar 85% dari nilai  $BHP_{scr}$ , maka nilai  $BHP_{mcr}$  adalah sebagai berikut:

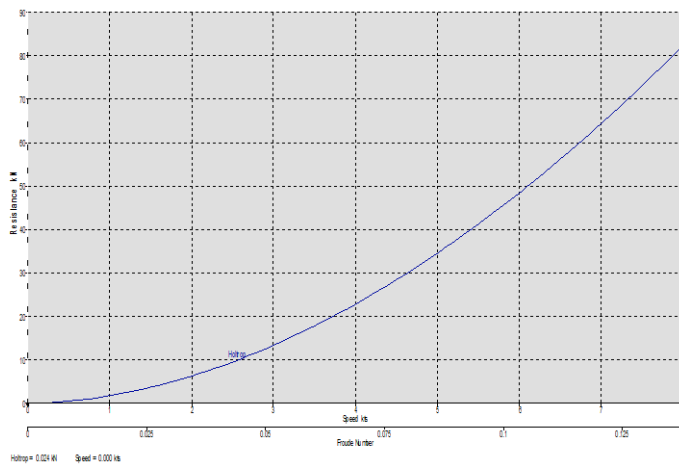
$$\begin{aligned}
 BHP_{mcr} &= \frac{BHP_{scr}}{75\%} \\
 &= \frac{754.32}{0.75} \\
 &= 887 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Table 4.1 dapat diilustrasikan dalam grafik, dengan dia grafik masing-masing perbandingan antara *Power* dengan *Speed* dan *Tahanan* dengan *Speed*. Dalam grafik dapat diambil analisa yaitu kecepatan yang dihasilkan berbanding lurus dengan besar *Power* yang akan digunakan. Begitu juga halnya dengan grafik antara *tahanan* dengan *speed* yang berbanding lurus. Berikut grafik yang dihasilkan dalam proses *running Hull Speed*:



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan *Power* dan *Speed*

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa *power* dan *speed* berbanding lurus, jadi semakin tinggi *speed* yang dirancang maka semakin besar *power* yang dihasilkan.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Tahanan dan *Speed*

Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa tahanan dan *speed* berbanding lurus, artinya semakin tinggi *speed* maka tahanan yang akan dihasilkan juga semakin besar.

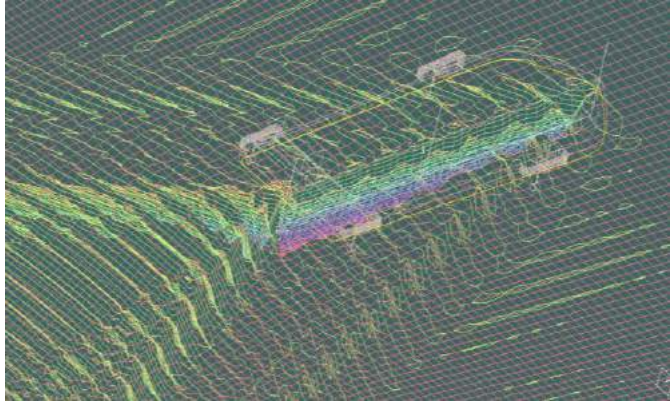
Untuk mengetahui gelombang yang timbul akibat dari pergerakan kapal pada saat operasional, maka dilakukan *running* pada *software Hull Speed*. Pada tahapan ini dapat diketahui apakah gelombang yang timbul akibat laju kapal pada saat operasional masuk ke geladak atau tidak. Pada analisa ini diambil kecepatan kapal 8 knot.

The screenshot shows a dialog box titled "Free surface calculation parameters". It contains the following fields and controls:

- Speed:** A text input field containing the value "8.117".
- Froude No.:** A text input field containing the value "0.138".
- Free surface grid:** A section containing several sub-fields:
  - Port:** A text input field containing the value "2".
  - Alt:** A text input field containing the value "4".
  - Vessel lgths:** A text input field containing the value "1".
  - Stbd:** A text input field containing the value "2".
  - Long. grid points:** A text input field containing the value "200".
  - Trans. grid points:** A text input field containing the value "100".
  - Forward:** A text input field containing the value "1".
  - Mirror:** A checked checkbox.
- Integration precision:** A text input field containing the value "30001".
- Amp.:** A text input field containing the value "1".
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons at the bottom right.

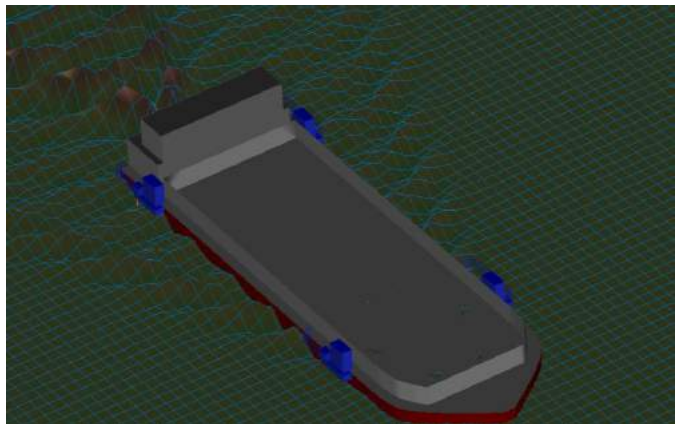
Gambar 4.12 *Free Surface Calculation Parameters*

Dari input data dengan kecepatan 8 knot dan nilai Froude Number 0.138 maka hasil yang akan didapatkan adalah sebagai berikut:



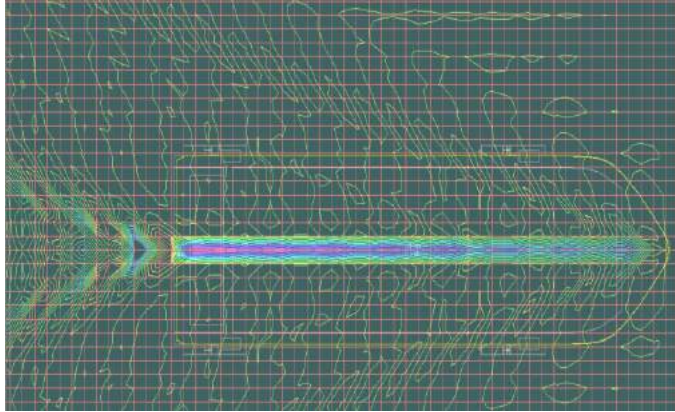
Gambar 4.13 Terjadinya Gelombang Dilihat dari Bawah

Gambar 4.11 menunjukkan gelombang yang dihasilkan pada tampak bawah kapal secara 3D. Dapat diketahui persebaran gelombang yang dihasilkan oleh kapal berkecepatan 8 knot.



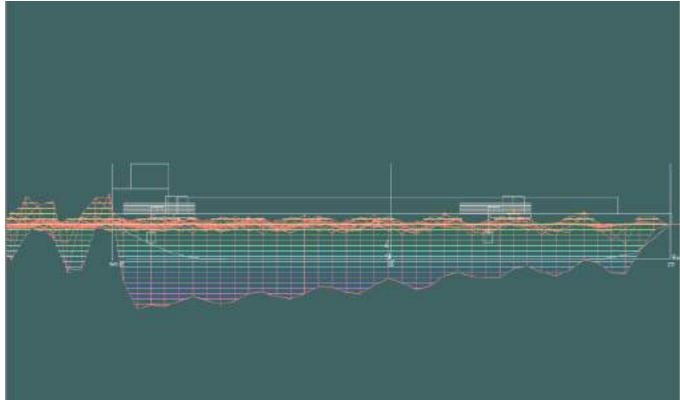
Gambar 4.14 Terjadinya Gelombang Dilihat dari Atas

Gambar diatas merupakan hasil simulasi dengan menampakkan desain 3D kapal. Dapat dilihat gelombang yang dihasilkan pada sisi belakang kapal.



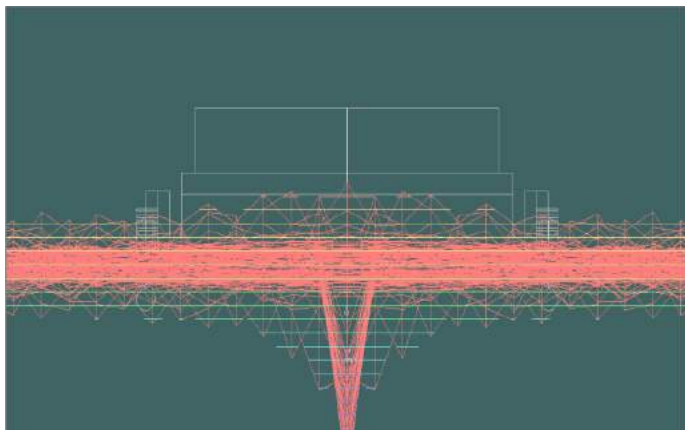
Gambar 4.15 Terjadinya Gelombang Dilihat dari Bawah Kapal

Gambar 4.13 menampilkan hasil simulasi *hull speed* yaitu gelombang yang dihasilkan saat kapal belaju dalam kecepatan 8 knot. Gambar diatas menampilkan gelombang dilihat dari bawah kapal.



Gambar 4.16 Terjadinya Gelombang Dilihat dari Arah Samping

Gambar 4.14 menunjukkan terjadinya gelombang dilihat dari samping kapal. Dapat diketahui gelombang yang dihasilkan mulai dari sisi haluan hingga buritan kapal.



Gambar 4.17 Terjadinya Gelombang Dilihat dari Arah Melintang Kapal

Dari gambar 4.11-4.15 dapat ditarik hipotesa bahwa dengan kecepatan 8 knot dan *froud number* 0.138, gelombang yang dihasilkan ketika kapal beroperasi tidak akan mengganggu. Hal ini terlihat dari hasil gambar setelah running. Gelombang yang dihasilkan tidak melebihi geladak, namun pada gambar melintang terdapat sedikit gelombang yang melebihi geladak, namun hal tersebut masih dapat ditolelir dan juga geladak kapal yang dirancang bersifat datar maka air yang masuk akan dengan mudah keluar lagi.

#### 4.2.3 Analisa *Hydromax*

Program *Software Hydromax* bertujuan untuk melihat stabilitas kapal dengan input data berupa kapasitas muatan, kapasitas tangki termasuk bahan bakar dan *ballast*, berat konstruksi kapal saat muatan kosong, dan berat komponen lainnya yang ada di kapal. Untuk melihat kondisi stabilitas kapal akan dilakukan pada dua kondisi, kondisi pertama yaitu pada saat kondisi penuh muatan, *ballast* kosong, *FO* dan *FW* penuh, lalu kondisi kedua pada saat muatan kosong, *ballast* dan *FW* penuh, *FO* 50%, dan terakhir kondisi tiga yaitu muatan maksimal *ballast* kosong, *FO* dan *FW* penuh..

Untuk melakukan running *hydromax* dibutuhkan beberapa input yang harus dikalkulasikan terlebih dahulu. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

##### 1. Menghitung LWT dan *Payload*

*LWT (Light Weight Tone)* merupakan berat konstruksi kapal dan perlengkapan yang berada pada titik mati atau tidak dapat diubah-ubah, termasuk sistem perpipaan dan profil kapal. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

##### - Menghitung *Displacement*

*Displacement* merupakan berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup air. Besar



nilai *displacement* didapatkan dari analisa di *Maxsurf Pro*, yaitu sebesar 8277 ton.

#### - **Perhitungan Berat Struktural**

Perhitungan berat baja kapal berdasarkan formula dari Watson, (1998), dalam "*practical ship design*" hal. 82: *chapter 4*

$$E = L(B+T) + 0,85 L (H - T) + 0,85 (L_1 \cdot h_1) + 0,75 (L_2 \cdot h_2) \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana :

E = Parameter *steel weight*  
 L = Lpp kapal = 88,9 m  
 B = Lebar kapal = 25,00 m  
 T = Sarat kapal = 4,20 m  
 H = Tinggi kapal = 5.5 m  
 $L_1 h_1$  = *length and height of full width erection*  
 $l_2 h_2$  = *length and height of houses*

Kapal yang didesain memiliki dua deck yaitu main deck dan navigation deck

$l_2 h_2$  = Panjang dan tinggi main deck

$L_1 h_1$  = Panjang dan tinggi nav deck

Dimana : panjang main deck = 25 m

tinggi main deck = 3 m

panjang nav deck = 6.2 m

tinggi nav deck = 3 m

maka :

$$\begin{aligned} E &= L(B+T) + 0,85 L (H - T) + 0,85 \\ &\quad (L_1 \cdot h_1) + 0,75 (L_2 \cdot h_2) \\ &= 105 \text{ m} (16 \text{ m} + 8,55 \text{ m}) + 0,85 \times \\ &\quad 105 \text{ m} (10,46 \text{ m} - 8,55 \text{ m}) \\ &\quad + 0,85 (6,2 \times 3 + 0,75 (25 \times 3)) \\ &= 2772 \end{aligned}$$

Jadi,

$$W_s = K \times E^{1.36} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$K = 0,031(\text{Bulk Carrier})$$

$$= 0,031 \times 3096$$

$$= 1491 \text{ ton}$$

Perhitungan di atas untuk berat baja kapal pada  $C_b = 0,70$  yang diukur pada kondisi  $0.8 H$ . Sehingga untuk  $C_b = 0,845$  perlu diadakan koreksi sebesar :

$$(C'_b = 0.845 \times (1 + (1/3) * ((1 - 0.845) / 0.845) * (1 - (4.2/5.5)) = 0,845$$

Sehingga berat baja kapal :

$$W_{st}' = W_{st} [1 + 0,05(C'_b - 0,7)] \dots\dots\dots(4.3)$$

$$= 1491 [1 + 0,05(0.845 - 0,7)]$$

$$= 1502 \text{ ton}$$

- **Berat permesinan**

○ **Main Engine**

Berat *dry engine* berdasar katalog adalah 9 ton, karena *engine* yang digunakan ada empat buah maka berat total adalah 36 ton.

○ **Weight of Remainder**

$$W_r = K \times MCR^{0.70} \dots\dots\dots(4.4)$$

$$K = 0,69 \text{ for bulk and general}$$

$$= 0,69 \times 845^{0.70} \text{ cargo ship.}$$

$$= 77,25 \text{ ton}$$

○ **Weight of Diesel Electric Installation**

$$W_{mt} = 0,72 \times (MCR)^{0.78}$$

Dimana:

$MCR$  = jumlah  $MCR$  dari seluruh

*generator set* (kW)

= 845 kW (asumsi)

$$W_{mt} = 0,72 \times (MCR)^{0.78} \dots\dots\dots(4.5)$$

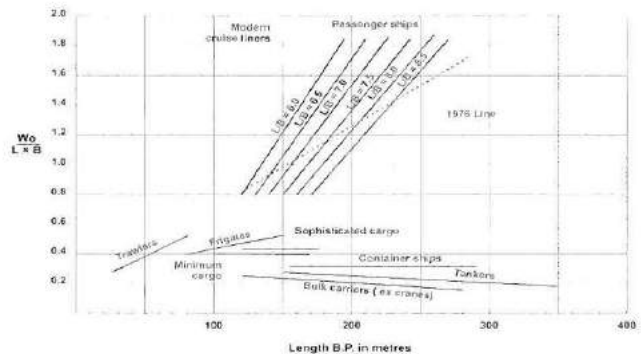
$$= 0,72 \times (845)^{0.78}$$

$$= 138,21 \text{ ton}$$

Jadi berat permesinan total :

$$W_d \text{ total} = 251.5 \text{ ton}$$

#### - Berat Outfitting



Gambar 4.18 *Outfit Weight*

untuk menghitung Outfit Weight Calculation dapat dilakukan dengan menggunakan gambar diatas.

Sumbu X dari grafik tersebut adalah Lpp yaitu 88.9 meter. Dari pembacaan grafik diperoleh nilai  $W_o/LB = 0,1$  Sehingga diperoleh berat outfit adalah

$$W_o / (L \times B) = 0,1$$

$$W_o = 0,1 \times Lpp \times B \dots\dots\dots(4.6)$$

$$= 0,1 \times 89 \times 25$$

$$= 222 \text{ ton}$$

#### - Margin

Untuk menghindari kesalahan yang tidak disengaja pada perencanaan akibat perkiraan yang tidak tepat serta hal-hal yang sebelumnya belum

dimasukkan dalam perhitungan, maka untuk merchant ship, perlu penambahan sebesar 2 % LWT (*Practical Ship Design Hal 114 Chapter 4.6.2*)

$$\begin{aligned} \text{LWT} &= (\text{Wst}' + \text{Wo} + \text{Wd}) \dots\dots\dots(4.7) \\ &= (1502.6 + 222.2 + 251.5) \text{ ton} \\ &= 1975 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LWT}_{(\text{total})} &= \text{LWT} + (2\% \text{ LWT}) \dots\dots\dots(4.8) \\ &= 2005 \text{ ton} \end{aligned}$$

Setelah nilai LWT didapatkan, selanjutnya dapat menghitung besar DWT yang selanjutnya digunakan untuk menghitung besar Payload.

$$\begin{aligned} \text{DWT} &= \text{displacement} - \text{LWT} \dots\dots\dots(4.9) \\ &= 8277 \text{ ton} - 2005 \text{ ton} \\ &= 6272 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Payload} &= \text{DWT} - \text{Wtotal} \dots\dots\dots(4.10) \\ &= 6272 - \text{Wtotal} \\ &= 5427 \end{aligned}$$

## 2. Menghitung Kebutuhan Tangki dan Pompa

### a. *Ballast*

Sistem *ballast* digunakan sebagai penyeimbang baik pada saat berlayar maupun pada saat bongkar muat. Hal ini untuk menghindari kondisi kapal agar tidak *trim* sehingga membahayakan pada saat kapal beroperasi. Dibawah ini merupakan perhitungan perencanaan ballast dan pompa ballast:

#### - **Perhitungan Tangki *Ballast***

$$\begin{aligned} \text{W}_{\text{ballast}} &= 10\% \times \blacktriangle \text{ ton} \dots\dots\dots(4.11) \\ &= 827,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V}(\text{W}_{\text{ballast}}) &= \text{W}_{\text{ballast}} / \rho \text{ air laut} \dots\dots\dots(4.12) \\ &= 807.5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Karena letak tangki direncanakan di dasar ganda maka ada penambahan volume air ballast dikarenakan *ekspansi* panas sebesar 4%.

$$\begin{aligned} V_{\text{Ballast}} &= V(W_{\text{ballast}}) + (4\% V(W_{\text{ballast}})) \dots\dots\dots(4.13) \\ &= 806.9 + (0,04 \times 806.9) \\ &= 839,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Pompa *Ballast***

o **Kebutuhan *Ballast***

$$V_{\text{Ballast}} = 839,8 \text{ m}^3$$

Jadi berat total ballast adalah  $839.8 \times 1.025 = 861$  ton

o **Kapasitas Pompa *Ballast***

Waktu yang ditentukan untuk pengisian dan pengosongan adalah = 7 jam  
jadi, kapasitas *ballast* adalah;

$$\begin{aligned} Q &= V / t \dots\dots\dots(4.14) \\ &= 839 / 7 \\ &= 119.9 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 0,034 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

o **Diamiter Pipa Utama**

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(4.15)$$

Dimana:

A = Luasan Pipa

v = Kecepatan aliran (2~4)  
m/s, taken = 3 m/s

$$Q = A \times v$$

$$Q = \pi \times D^2 / 4 \times v$$

$$D = \sqrt{\frac{(Q \times 4)}{\pi \times v}}$$

$$D = ((0.0398 \times 4) / (3.14 \times 3))^{1/2}$$

$$D = 0,118 \text{ m}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

$$= 4,7 \text{ inch}$$

Maka dapat ditentukan spesifikasi pipa yang akan digunakan, yaitu :

Tipe = G3452  
*Nominal diameter* = 125 A  
*Inside diameter* = 5,3 inch  
 = 135mm  
*Thickness* = 0,18 inch  
 = 4,5 mm  
*Outside diameter* = 5,5 inch  
 = 140 mm

○ **Kalkulasi Pompa Ballast**

**i. Head static (hs)**

Hs = Jarak dari *suction well*  
 ke *overboard*  
 = T+0.75 m  
 = 5,0 m

**ii. Head pressure (hp)**

Hp = 0 m

**iii. Head velocity (hv)**

hv = 0 m

**iv. Head di pipa suction**

n = viskositas kinematik

n =  $8E-07 \text{ m}^2/\text{s}$

dH = *Inside diameter*

= 5,3 inches

= 135,3 mm = 0,1 m

v = kecepatan aliran

= 3 m/s

**Reynold number (Rn)**

$$Rn = (v \times dH)/\nu \dots\dots\dots(4.16)$$

$$= (3 \times 0.135) / 0.000000822$$

$$= 493795,6 > 2300$$

(*turbulent*)

$$\lambda = 0.02 + 0.0005/dH \dots\dots\dots(4.17)$$

$$= 0.02 + 0.0005/0.1098$$

$$= 0,024 \quad (\textit{turbulent})$$

**Mayor losses (hf)**

$$hf = \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \dots\dots\dots(4.18)$$

dimana :

L = Panjang pipa suction

$$= 70 \text{ m}$$

Maka :

$$hf = \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \dots\dots\dots(4.19)$$

$$= (0,024 \times 70 \times 3) \times (3^2 /$$

$$(0.135 \times 2 \times 9,8))$$

$$= 5,63 \text{ m}$$

***Minnor losses (hl)***Tabel 4.2 *Minnor Losses* Pipa Suction

No	Types	n	k	n x k
1	Butterfly valve	4	0,3	1,2
2	Filter or strainer	5	2,5	12,5
3	Elbow 90	6	1	6
4	T-join	7	1	7
5	Gate Valve	2	0,15	0,3
6	SDNRV	3	1,2	3,6
Total				30,6

*minor losses*

$$= k \text{ total} \times v^2 / (2g) \dots\dots\dots(4.20)$$

$$= 30,6 \times (3^2) / (2 \times 9,8)$$

$$= 14,051 \text{ m}$$

$$\text{total losses} = 19,7 \text{ m}$$

**v. Head pada pipa discharge*****Mayor losses (hf)***

$$hf = l \times L \times v^2 / (D \times 2g) \dots\dots\dots(4.21)$$

Dimana;

L = Panjang pipa

$$= 15 \text{ m}$$

maka :

$$hf = \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

$$= (0,024 \times 15 \times 3^2) /$$

$$(0,135 \times 2 \times 9,8))$$

$$= 5,63 \text{ m}$$



***Minor losses (hl)***Tabel 4.3 *Minor Losses Pipa Discharge*

No	Types	n	k	n x k
1	Butterfly valve	2	0,3	0,6
2	Elbow 90	1	1	1
3	T-join	5	1	5
4	SDRNV	2	1,35	2,7
Total				9,3

$$\begin{aligned}
 \text{head losses} &= k_{\text{total}} \cdot v^2 / (2g) \dots\dots\dots (4.22) \\
 &= 9.3 \times (3^2) / \\
 &\quad (2 \times 9.8) \\
 &= 4,270 \text{ m} \\
 \text{total losses} &= 9,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka, *Head* Total adalah:

$$\begin{aligned}
 H &= h_s + h_v + h_p + h_{f1} + \\
 &\quad h_{f2} + h_{l1} + h_{l2} \dots\dots\dots (4.23) \\
 &= 34,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka dapat dipilih spesifikasi pompa sebagai berikut

Merk = IRON PUMP  
 Type = ON-V 7  
 Capacity = 14 m<sup>3</sup>  
 Head = 20 m  
 Rpm = 850 RPM  
 Power = 0.7 HP  
 Weight = 105 Kg (tanpa motor)

**b. Air Tawar**

Kebutuhan air tawar dipengaruhi oleh beberapa parameter operasional kapal, yaitu :

Jumlah ABK ( $t_c$ ) = 7 orang

Waktu Pelayaran ( $t$ ) = 62.5 jam

Service Speed ( $V_s$ ) = 8 knot

jarak pelayaran ( $S$ ) = 500 nm

Jumlah ABK 7 orang berdasar pada Keputusan Menteri Perhubungan KM 70 tahun 1998 pasal 16c. sedangkan jarak pelayaran diasumsikan sejauh 500NM.

Setelah menentukan parameter maka dapat menghitung kebutuhan air tawar, kebutuhan air tawar dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

**a) Untuk kebutuhan makan dan minum dalam 1 trip**

$$W_{fwd} = [C_{fwd} \times t_c \times S] / (24 \times V_s) \dots\dots\dots(4.24)$$

$$= 0.4 \text{ ton}$$

Dimana:

$T_c$  = Jumlah anak buah kapal

$R$  = Radius Pelayaran

$V_s$  = Kecepatan Dinas

$C_{fwd}$  = Kebutuhan Air Minum  
(20 kg/orang/hari)

Waktu Bongkar muat di kapal diperkirakan = 1 hari

Didapat,

$$W_{fwd} = t \times C_{fwd} \times t_c \dots\dots\dots(4.25)$$

$$= 1 \times 0.02 \times 20$$

$$= 0.2 \text{ ton}$$

Jadi, total kebutuhan air tawar untuk mandi dan cuci didapat :

$$W_{fwd} \text{ total} = W_{fwd} + C_{fwd} \dots\dots\dots(4.26)$$

$$W_{fwd} \text{ total} = 0.1 + 0.40$$

$$W_{fwd} \text{ total} = 0.5 \text{ ton}$$

**b) Untuk Kebutuhan Untuk Cuci dan Mandi**

$$W_{fww} = [C_{fww} \times t_c \times S] / (24 \times V_s) \dots\dots\dots(4.27)$$

$$= 3.6 \text{ ton}$$

Dimana:

$$C_{fww} = 200 \text{ kg/orang/hari}$$

$$= 0,2 \text{ ton/org/hari}$$

Waktu Bongkar muat di kapal diperkirakan = 1 hari

Didapat,

$$W_{fws} = t \times C_{fws} \times t_c \dots\dots\dots(4.28)$$

$$= 1 \times 0.2 \times 20$$

$$= 1.4 \text{ ton}$$

Jadi, total kebutuhan air tawar untuk mandi dan cuci didapat :

$$W_{fws} \text{ total} = C_{fws} + W_{fws} \dots\dots\dots(4.29)$$

$$W_{fws} \text{ total} = 3.6 + 1.4$$

$$W_{fws} \text{ total} = 5 \text{ ton}$$

**c) Untuk Kebutuhan Air Tawar untuk Memasak**

$$W_{fww} = [C_{fww} \times t_c \times S] / (24 \times V_s) \dots\dots\dots(4.30)$$

$$= 0.1 \text{ ton}$$

Dimana :

$$C_{fwc} = 6 \text{ kg/orang/hari}$$

$$= 0,006 \text{ ton/org/hari}$$

Waktu Bongkar muat di kapal diperkirakan = 1 hari

Didapat,

$$\begin{aligned} W_{fwc} &= t \times C_{fwc} \times t_c \dots\dots\dots(4.31) \\ &= 1 \times 0.006 \times 20 \\ &= 0.04 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi, total kebutuhan air tawar untuk memasak didapat :

$$\begin{aligned} W_{fwc} \text{ total} &= C_{fws} + W_{fws} \dots\dots\dots(4.32) \\ W_{fwc} \text{ total} &= 0.1 + 0.04 \\ W_{fws} \text{ total} &= \mathbf{0.14 \text{ ton}} \end{aligned}$$

**d) Untuk Kebutuhan Air Tawar untuk Mesin Induk**

$$\begin{aligned} W_{fwj} &= BHP \times c \times T \times 10^{-6} \dots\dots\dots(4.33) \\ &= 845 \times 8 \times (771/14) \times 10^{-6} \\ &= 0.65 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C &= \text{jumlah air pendingin} \\ &= 8 \text{ kg/BHP hour} \\ T &= \text{waktu pelayanan} \end{aligned}$$

**e) Untuk Kebutuhan Air Tawar untuk Mesin Bantu**

$$\begin{aligned} W_{fae} &= (0.1 - 0.2) W_{fwj} \dots\dots\dots(4.34) \\ &= 0.2 \times 1.542 \\ &= 0.13 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka total kebutuhan fresh water adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{fw} &= W_{fwd} + W_{fws} + W_{fwc} + \\ &\quad W_{fwj} + W_{fae} \dots\dots\dots(4.35) \\ &= 0.5 + 5 + 0.14 + 0.65 + 0.13 \\ &= \mathbf{6.5 \text{ ton}} \end{aligned}$$

**c. Fuel Oil**

Kebutuhan *Fuel Oil* dipengaruhi oleh sejauh mana kapal akan beroperasi. Sehingga besar tangki dapat dikondisikan agar sesuai dengan operasional kapal. Berikut merupakan perhitungan perencanaan kebutuhan dan pompa Fuel Oil:

**- Kebutuhan Fuel Oil**

$$\text{MDO}_{\text{mass}} = \text{Power} \times \text{SFOC} \times t \times \text{genset} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(4.36)$$

$$\text{Power} = 887 \text{ kW}$$

$$\text{SFOC} = 191 \text{ g/kwh}$$

$$t = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Total genset} = 1 \text{ set}$$

$$\rho = 0.85 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{MDO}_{\text{Mass}} &= 887 \times 196 \times 8 \times 2 \times 10^{-6} \\ &= 4.23 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume MDO} &= \text{MDO}_{\text{mass}} / \text{density} \dots\dots\dots(4.37) \\ &= 4.23 / 0.85 \\ &= 4.975 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**- Perhitungan Pompa Fuel Oil**

$$Q : V/t \dots\dots\dots(4.38)$$

$$V : V.\text{Service Tank} = 4.5 \text{ m}^3$$

$$t : 1 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} Q : 2.1/1 \\ : 4.49 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Berdasarkan *project guide* dari Caterpillar, rekomendasi untuk kecepatan aliran MDO dan HFO adalah 1 m/s

Maka,

$$Q : A \times v \dots\dots\dots(4.39)$$

$$D : (4Q / \pi \times V)^{0.5}$$

$$: 0.04 \text{ m}$$

: 39.85 mm : 1.52 inch

Berdasar perhitungan yang telah dilakukan, spesifikasi pipa yang digunakan adalah sebagai berikut, dengan menggunakan pipa *Black steel* dari ANSI.

<i>Inside diameter</i> (dm)	= 0.14 mm	= 3.50 inc
<i>Thickness</i>	= 0.01 mm	= 0.11 inch
<i>Outside diameter</i>	= 0.13 mm	= 3.39 inch
<i>Material</i>	= <i>Black Carbon Steel</i>	

Setelah dilakukan perhitungan mengenai kapasitas pompa, maka dapat menentukan spesifikasi yang akan digunakan. Yaitu:

Merk	= IRON PUMP
Type	= ON-V 7
Capacity	= 14 m <sup>3</sup>
Head	= 20 m
Rpm	= 850 RPM
Power	= 0.7 HP
Weight	= 105 Kg (tanpa motor)

### 3. *Running Hydromax*

Stabilitas merupakan aspek yang sangat penting dalam perencanaan pembangunan kapal, karena stabilitas sangat mempengaruhi kehandalan dari suatu kapal. Untuk memeriksa tingkat stabilitas kapal dapat digunakan *software Hydromax*. Input data yang diperlukan adalah berat kosong kapal dan muatan kapal, lalu peletakan tangki dan kapasitas yang digunakan, kemudian berapa perlengkapan kapal seperti pompa, generator, dan perlengkapan lainnya. Pada tahapan ini akan dilakukan simulasi untuk melihat stabilitas kapal pada tiga kondisi, yaitu sebagai berikut:

**a. Kondisi 1 (Muatan Penuh, *Ballast* kosong, FW dan FO penuh)**

Sebelum melakukan analisa dilakukan perencanaan peletakan tangki berupa tangki *ballast*, *FO* dan *FW*.

Tabel 4.4 Peletakan Tangki *Ballast* dan *Fuel Oil*

Name	Type	Intack	Damaged	Relative	Fluid
		perm. %	perm. %	density	type
Ballast Port	Tank	95	95	1.0252	Sea Water
Ballast Sb	Tank	95	95	1.0252	Sea Water
FO Port	Tank	95	95	0.84	Diesel
FO Sb	Tank	95	95	0.84	Diesel
FW Port	Tank	95	95	1	Fresh
FW Sb	Tank	95	95	1	Fresh

Aft	Fore	F.Port	F.Starb	F.Top	F.Bottom
m	m	M	m	m	m
67	78	-12.5	0	1.7	0
67	78	0	12.5	1.7	0
63	66	-12.5	0	1.7	0
63	66	0	12.5	1.7	0
60	62	-12.5	0	1.7	0
60	62	0	12.5	1.7	0

Pada table 4.4 dijelaskan mengenai peletakan tangki. Untuk Aft.m adalah jarak tangki dari buritan kapal, begitu juga dengan Fore.m merupakan jarak tangki dari haluan kapal. Sedangkan F.Port adalah jarak tangki dari *center line* ke sisi kiri. Sedangkan F.Starb merupakan

jarak tangki dari *center line* ke sisi sebelah kanan. Lalu F.Top merupakan jarak paling atas tangki ke dasar kapal, atau sama dengan tinggi *double bottom*, sedangkan F.Bottom adalah jarak sisi bawah tangki ke dasar kapal.

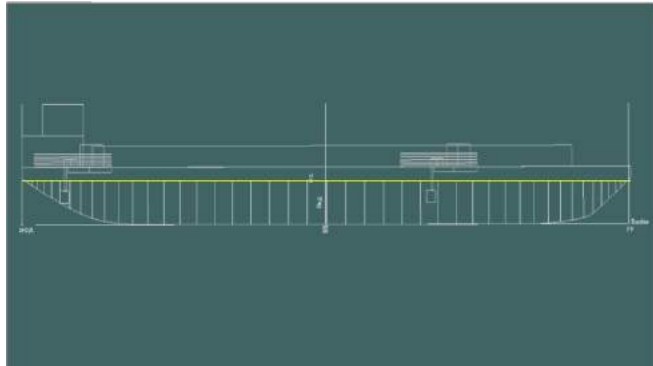
Apabila analisa peletakan tangki sudah memenuhi kriteria, maka langkah selanjutnya adalah merencanakan titik beban yang lain pada kapal. Terdapat beberapa nilai yang dibutuhkan untuk mendapatkan titik berat. Dibawah ini merupakan proses input data yang dibutuhkan :

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	2005	45.000	2.750	0.000	0.000	
2	Balast Pump	1	0.3780	2.000	5.500	0.000	0.000	
3	FO Pump	1	0.1050	2.000	5.500	0.000	0.000	
4	HPU Port 1	2	32.70	8.000	5.500	0.000	0.000	
5	HPU Port 2	2	32.70	64.400	5.500	0.000	0.000	
6	HPU Sb 1	2	32.70	8.000	5.500	0.000	0.000	
7	HPU Sb 2	2	32.70	64.400	5.500	0.000	0.000	
8	Generator	1	4.000	3.000	5.500	0.000	0.000	
9	Thruster Port 1	2	25.00	6.100	5.500	0.000	0.000	
10	Thruster Port 2	2	25.00	61.300	5.500	0.000	0.000	
11	Thruster Sb 1	2	25.00	6.100	5.500	0.000	0.000	
12	Thruster Sb 2	2	25.00	61.300	5.500	0.000	0.000	
13	Balast Port	0%	0.0000	72.202	0.602	-5.738	0.000	Maximu
14	Fuel Oil Port	100%	31.83	64.496	0.565	-6.106	0.000	Maximu
15	Balast Sb	0%	0.0000	72.202	0.602	5.738	0.000	Maximu
16	Fuel Oil Sb	100%	31.83	64.496	0.565	6.106	0.000	Maximu
17	Payload	1	5650	45.000	1.500	0.000	0.000	
18	FVV Port	100%	25.55	60.999	0.559	-6.143	0.000	Maximu
19	FVV Sb	100%	25.55	60.999	0.559	6.143	0.000	Maximu
20		Total Weight=	8236	LCG=44.6	VCG=2.016	TCG=0.000	0	
21					FS corr.=0			
22					VCG fluid=2.016			

Gambar 4.19 *Input Data* pada saat Kondisi 1

Dari *input* data diatas, dapat dilakukan simulasi stabilitas sehingga didapatkan *output* sebagai berikut :





Gambar 4.20 *Output Simulasi Full Load*

Gambar diatas dapat diuraikan menjadi penjelasan sebagai berikut:

Tabel 4.5 *Output Simulasi Full Load*

1	Draft Amidsh. m	4.177
2	Displacement tonne	8236
3	Heel to <i>Starboard</i> degrees	0
4	Draft at FP m	4.104
5	Draft at AP m	4.250
6	Draft at LCF m	4.181
7	Trim (+ve by stern) m	0.146
8	WL Length m	90.945
9	WL Beam m	25
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	2727.527
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2152.511
12	Prismatic Coeff.	0.841
13	Block Coeff.	0.838
14	Midship Area Coeff.	0.996
15	Waterpl. Area Coeff.	0.947
16	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.988
17	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2.256

Pada table 4.5 dapat dijelaskan, untuk simulasi *Hydromax* pada kondisi 1 yaitu muatan penuh, *ballast* kosong, dan bahan bakar penuh didapatkan hasil yaitu: pada sarat tengah kapal (*Draft Amidship*) mempunyai nilai 4.177 meter. Sedangkan nilai *displacement* yang dihasilkan pada tinggi sarat tersebut adalah 8236 ton. Sedangkan kemiringan kapal nilainya adalah 0 yang berarti kapal tegak tidak miring ke *starboard* atau *portside*. Untuk sarat kapal pada kondisi ini mempunyai nilai 4.104 meter pada haluan dan 4.250 meter pada buritan. Lalu trim pada LCF (*Longitudinal Centre of Floation*) mempunyai nilai 4.181 meter. Untuk nilai *wetted area* kapal adalah 2727.727 m<sup>2</sup>, daerah ini adalah luasan lambung kapal yang tercelup dalam air. Lalu nilai *Waterplane Area* adalah 2152.511 m<sup>2</sup>. Untuk nilai Cb dan Cp pada kondisi sarat air ditengah kapal adalah 0.841 untuk Cb dan 0.838 untuk Cp. Lebar sarat air yang dihasilkan pada kondisi tersebut sesuai dengan lebar kapal yaitu 25 meter. Lalu untuk titik LCB from *midship* nilainya -0.988 meter, artinya titik ini berada dibelakang titik tengah kapal, begitu juga dengan nilai LCF -2.256 meter yang berarti titik apung berada dibelakang titik tengah kapal.

Hasil dari *running Hydromax* berbeda dengan *running* pada program *Maxsurf*. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan koefisien yang digunakan pada masing-masing program. Contohnya adalah nilai sarat kapal dan nilai *displacement*. Pada rancangan awal kapal pada program *Maxsurf*, sarat air adalah 4.2 meter. Namun setelah dianalisa pada program *Hydromax* dengan menambahkan beberapa koefisien baru

maka nilai tersebut berubah menjadi 4.104 meter pada buritan dan 4.2550 pada haluan. Begitu juga dengan nilai *displacement*, pada program *Maxsurf* didapatkan nilai *displacement* adalah 8277 ton, sedangkan pada program *Hydromax* setelah simulasi didapatkan nilai 8236 ton.

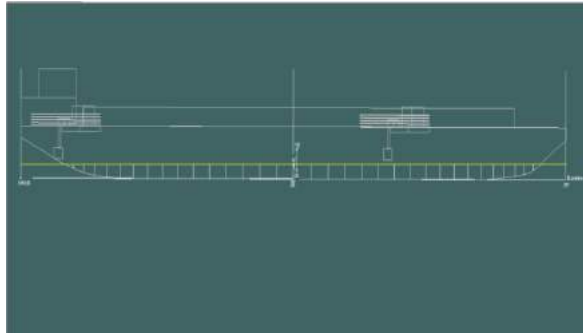
**b. Kondisi 2 ( Muatan kosong, Ballas dan FW penuh, bahan bakar 50%)**

Pada kondisi kedua ini peletakan tangki tetap sama seperti kondisi 1, hal yang membedakan adalah pada muatan yang dihilangkan. *Ballast* dan FW penuh lalu *Fuel Oil* dikurangi hingga 50%. Dibawah ini merupakan proses *input* data untuk kondisi 2 :

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	2005	45.000	2.750	0.000	0.000	
2	Ballast Pump	1	0.3780	2.000	5.500	0.000	0.000	
3	FD Pump	1	0.1050	2.000	5.500	0.000	0.000	
4	HPU Port 1	2	32.70	8.800	5.500	0.000	0.000	
5	HPU Port 2	2	32.70	64.400	5.500	0.000	0.000	
6	HPU Sb 1	2	32.70	8.800	5.500	0.000	0.000	
7	HPU Sb 2	2	32.70	64.400	5.500	0.000	0.000	
8	Generator	1	4.000	3.000	5.500	0.000	0.000	
9	Thruster Port 1	2	25.00	6.100	5.500	0.000	0.000	
10	Thruster Port 2	2	25.00	61.300	5.500	0.000	0.000	
11	Thruster Sb 1	2	25.00	6.100	5.500	0.000	0.000	
12	Thruster Sb 2	2	25.00	61.300	5.500	0.000	0.000	
13	Ballast Port	100%	127.3	72.202	0.602	-5.738	0.000	Maximu
14	Fuel Oil Port	50%	15.91	64.493	0.295	-5.967	410.156	Maximu
15	Ballast Sb	100%	127.3	72.202	0.602	5.738	0.000	Maximu
16	Fuel Oil Sb	50%	15.91	64.493	0.295	5.967	410.156	Maximu
17	Payload	0	7450	45.000	1.500	0.000	0.000	
18	FW Port	100%	25.55	60.999	0.559	-6.143	0.000	Maximu
19	FW Sb	100%	25.55	60.999	0.559	6.143	0.000	Maximu
20	Total Weight=		2809	LCG=46.3	VCG=2.944	TCG=0.000	820.312	
21					FS corr.=0.282			
22					VCG fluid=3.236			

Gambar 4.21 *Input* Data pada saat Kondisi 2

Dari *input* data diatas, dapat dilakukan simulasi stabilitas sehingga didapatkan *output* sebagai berikut :



Gambar 4.22 *Output* Simulasi Muatan Kosong

Gambar diatas dapat diuraikan menjadi penjelasan sebagai berikut:

Tabel 4.6 *Output* Simulasi Muatan Kosong

1	Draft Amidsh. m	1.591
2	Displacement tonne	2809
3	Heel to <i>Starboard</i> degrees	0
4	Draft at FP m	1.697
5	Draft at AP m	1.484
6	Draft at LCF m	1.591
7	Trim (+ve by stern) m	-0.213
8	WL Length m	79.809
9	WL Beam m	25
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	2072.663
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1915.853
12	Prismatic Coeff.	0.857
13	Block Coeff.	0.828
14	Midship Area Coeff.	0.983
15	Waterpl. Area Coeff.	0.960
16	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0.648
17	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0.141

Pada table 4.6 dapat dijelaskan, untuk simulasi *Hydromax* pada kondisi 2 yaitu muatan penuh, *ballast* kosong, dan bahan bakar penuh didapatkan hasil yaitu: pada sarat tengah kapal (*Draft Amidship*) mempunyai nilai 1.591 meter. Sedangkan nilai *displacement* yang dihasilkan pada tinggi sarat tersebut adalah 2809 ton. Sedangkan kemiringan kapal nilainya adalah 0 yang berarti kapal tegak tidak miring ke *starboard* atau *portside*. Untuk sarat kapal pada kondisi ini mempunyai nilai 1.697 meter pada haluan dan 1.484 meter pada buritan. Lalu *trim* pada LCF (*Longitudinal Centre of Floation*) mempunyai nilai 1.591 meter. Untuk nilai *wetted area* kapal adalah 2072.663 m<sup>2</sup>, daerah ini adalah luasan lambung kapal yang tercelup dalam air. Lalu nilai *Waterplane Area* adalah 1915.853 m<sup>2</sup>. Untuk nilai *Cb* dan *Cp* pada kondisi sarat air ditengah kapal adalah 0.828 untuk *Cb* dan 0.857 untuk *Cp*. Lebar sarat air yang dihasilkan pada kondisi tersebut sesuai dengan lebar kapal yaitu 25 meter. Lalu untuk titik LCB dari *midship* nilainya 0.648 meter, artinya titik ini berada didepan titik tengah kapal, begitu juga dengan nilai LCF -0.141 meter yang berarti titik apung berada didepan titik tengah kapal.

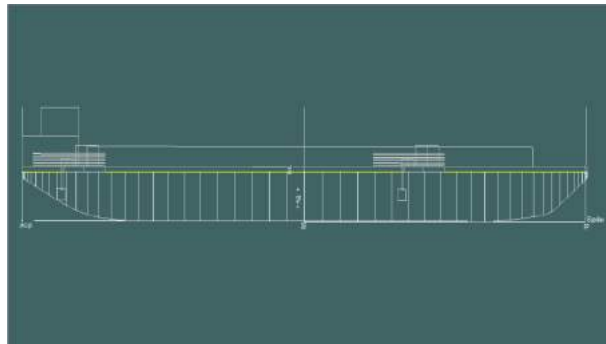
### c. Kondisi 3 ( Muatan maksimal, *Ballast* kosong, FO dan FW penuh)

Pada kondisi ini peletakan tangki tetap sama seperti kondisi 1, hal yang membedakan adalah pada muatan. Muatan ditambahkan hingga 7450 tonnage sehingga dihasilkan sarat maksimal. Dibawah ini merupakan proses input data untuk kondisi 3 :

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long Arm m	Vert. Arm m	Trans. Arm m	FS Mom. tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	2005	45.000		2.750	0.000	
2	Ballast Pump	1	0.3780	2.000		5.500	0.000	
3	F/O Pump	1	0.1050	2.000		5.500	0.000	
4	HPU Port 1	2	32.70	8.000		5.500	0.000	
5	HPU Port 2	2	32.70	64.400		5.500	0.000	
6	HPU Sb 1	2	32.70	8.000		5.500	0.000	
7	HPU Sb 2	2	32.70	64.400		5.500	0.000	
8	Generator	1	4.000	3.000		5.500	0.000	
9	Thruster Port 1	2	25.00	6.100		5.500	0.000	
10	Thruster Port 2	2	25.00	61.300		5.500	0.000	
11	Thruster Sb 1	2	25.00	6.100		5.500	0.000	
12	Thruster Sb 2	2	25.00	61.300		5.500	0.000	
13	Ballast Port	5%	0.0000	72.202		0.802	-5.738	Maximu
14	Fuel Oil Port	100%	31.83	64.496		0.565	-6.106	Maximu
15	Ballast Sb	5%	0.0000	72.202		0.802	5.738	Maximu
16	Fuel Oil Sb	100%	31.83	64.496		0.565	6.106	Maximu
17	Payload	1	7450	45.000		1.500	0.000	
18	FW Port	100%	25.55	60.999		0.559	-6.143	Maximu
19	FW Sb	100%	25.55	60.999		0.559	6.143	Maximu
20	Total Weight=		18036	LCG=44.7		VCG=1.925	TCG=0.000	0
21						FS corr.=0		
22						VCG fluid=1.925		

Gambar 4.23 *Input Data* pada saat Kondisi 3

Dari input data diatas, dapat dilakukan simulasi stabilitas sehingga didapatkan *output* sebagai berikut :

Gambar 4.24 *Output* Simulasi Muatan Maksimal

Gambar diatas dapat diuraikan menjadi penjelasan sebagai berikut:

Tabel 4.7 *Output* Simulasi Muatan Maksimal

1	Draft Amidsh. m	4.995
2	Displacement tonne	10036
3	Heel to <i>Starboard</i> degrees	0
4	Draft at FP m	5.020
5	Draft at AP m	4.970
6	Draft at LCF m	4.994
7	Trim (+ve by stern) m	-0.050
8	WL Length m	91.59
9	WL Beam m	25
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	2901.177
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2162.527
12	Prismatic Coeff.	0.858
13	Block Coeff.	0.853
14	Midship Area Coeff.	0.997
15	Waterpl. Area Coeff.	0.944
16	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.933
17	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-2.337

Pada table 4.7 dapat dijelaskan, untuk simulasi *Hydromax* pada kondisi 3 yaitu muatan penuh, *ballast* kosong, dan bahan bakar penuh didapatkan hasil yaitu: pada sarat tengah kapal (*Draft Amidship*) mempunyai nilai 4.995 meter. Sedangkan nilai *displacement* yang dihasilkan pada tinggi sarat tersebut adalah 10036 ton. Sedangkan kemiringan kapal nilainya adalah 0 yang berarti kapal tegak tidak miring ke *starboard* atau *portside*. Untuk sarat kapal pada kondisi ini mempunyai nilai 5.020 meter pada haluan dan 4.970 meter pada buritan. Lalu *trim* pada LCF (*Longitudinal Centre of Floation*) mempunyai nilai 4.994 meter. Untuk nilai *wetted area* kapal

adalah 2901.177 m<sup>2</sup>, daerah ini adalah luasan lambung kapal yang tercelup dalam air. Lalu nilai *Waterplane Area* adalah 2162.599 m<sup>2</sup>. Untuk nilai Cb dan Cp pada kondisi sarat air ditengah kapal adalah 0.853 untuk Cb dan 0.858 untuk Cp. Lebar sarat air yang dihasilkan pada kondisi tersebut sesuai dengan lebar kapal yaitu 25 meter. Lalu untuk titik LCB dari *midship* nilainya -0.933 meter, artinya titik ini berada didepan titik tengah kapal, begitu juga dengan nilai LCF -2.337 meter yang berarti titik apung berada dibelakang titik tengah kapal.

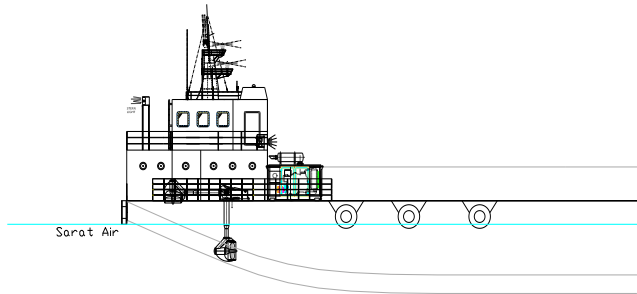
#### 4.2.4 Analisa Ketinggian Thruster

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui ketinggian *thruster* apakah posisinya tercelup air atau tidak. Analisa ini dilakukan pada tiga (3) kondisi operasional kapal yang telah dibahas sebelumnya, tiga kondisi tersebut yaitu kondisi muatan penuh, muatan kosong, dan muatan maksimal.

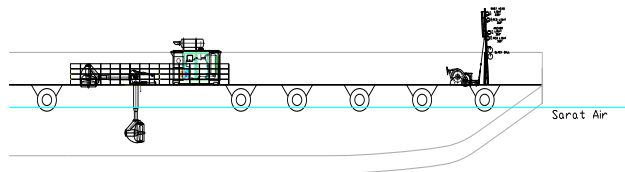
1. Kondisi 1 ( Muatan penuh, *ballast* kosong, FO dan penuh)

Sesuai dengan hasil *running Hydromax*. Didapatkan nilai sarat kapal pada AP dan FP yaitu masing-masing 4.250 meter dan 4.104 meter. Berikut merupakan gambar tampak samping dari kapal dengan sarat pada kondisi 1.





Gambar 4.25 Letak *thruster* di sarat air kondisi 1 pada AP tampak samping kapal



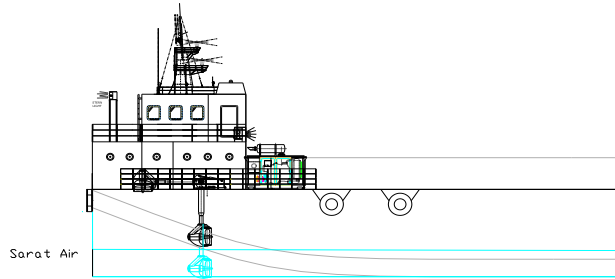
Gambar 4.26 Letak *thruster* di sarat air kondisi 1 pada FP tampak samping kapal

Sesuai dengan spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System*, diketahui panjang normal *shaft* hingga *thruster* adalah 3.72 meter. Sedangkan panjang *shaft*nya adalah 2.3 meter. Panjang *stem* sesuai dengan keterangan spesifikasi dapat dipanjangkan hingga 5.5 meter. Pada gambar diatas menggunakan *stem standard* dan hasilnya *thruster* tercelup sepenuhnya kedalam air sehingga tidak perlu menambahkan panjang dari *stem*.

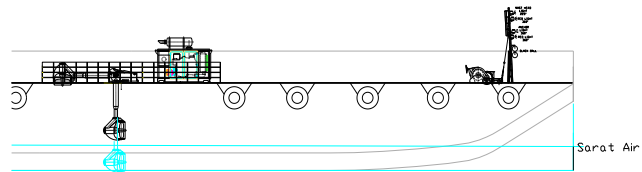
2. Kondisi 2 ( Muatan kosong, *ballast* dan FW penuh, FO 50% )

Sesuai *running Hydromax*, pada kondisi ini didapatkan sarat 1.697 meter pada FP dan 1.484 pada

AP. Dibawah merupakan gambar tampak samping dari sarat kondisi 2



Gambar 4.27 Letak *thruster* di sarat air kondisi 2 pada AP tampak samping kapal

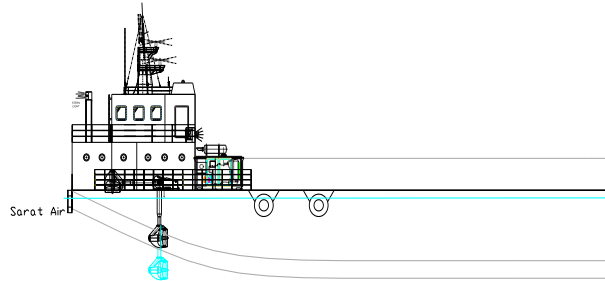


Gambar 4.28 Letak *thruster* di sarat air kondisi 2 pada FP tampak samping kapal

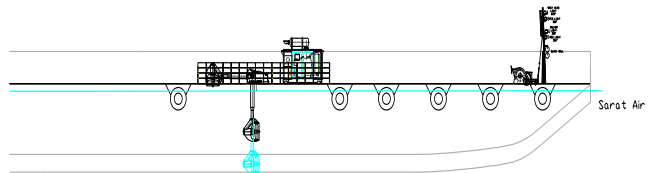
Pada gambar diatas dapat dijelaskan bahwa saat penggunaan *standard stem*, permukaan air lebih rendah dari *thruster*, sehingga *thruster* tidak tercelup sepenuhnya. Maka dari itu *stem* dipanjangkan hingga maksimal yaitu 5.5 meter. Setelah *stem* berada pada panjang maksimal dapat dilihat dari gambar diatas bahwa *thruster* telah tercelup sepenuhnya.

3. Kondisi 3 ( Muatan maksimal, *ballast* kosong, FO dan FW penuh)

Berdasarkan hasil *running Hydromax*, pada kondisi 3 didapatkan sarat 4.970 meter pada AP dan 5.020 pada FP. Penampakan samping dari sarat tersebut adalah pada gambar dibawah ini



Gambar 4.29 Letak *Thruster* di sarat air kondisi 3 pada AP tampak samping kapal



Gambar 4.30 Letak *Thruster* di sarat air kondisi 3 pada AP tampak samping kapal

Gambar diatas menjelaskan bahwa pada sarat air kondisi 3 cukup menggunakan *standard stem* dan tidak perlu memperpanjang *stem*. Letak sarat tinggi yang mencapai 5 meter disebabkan oleh muatan yang maksimal, sehingga hanya cukup menggunakan *standard stem* cukup untuk *thruster* berada pada kondisi tercelup sepenuhnya.

### 4.3 Spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System*

Untuk menentukan spesifikasi dari *thruster* yang digunakan pada *Portable Dynamic Positioning System*, terlebih dahulu harus diketahui jumlah *thruster* yang akan digunakan serta peletakan dari masing-masing *thruster*. Setelah mendapatkan jumlah *thruster* yang akan digunakan, dapat ditentukan *Power* yang digunakan pada masing-masing *thruster*. Penentuan *Power* ini disesuaikan dengan kebutuhan *Power* yang diperoleh dari simulasi *Hull Speed*.

#### 4.3.1 Analisa Peletakan dan Penentuan Jumlah *Thruster* Pada *Portable Dynamic Positioning System*

Untuk menentukan jumlah *thruster* yang akan digunakan, dilakukan beberapa pertimbangan yaitu:

##### 1. Fungsi Operasional Kapal

*Thruster* yang digunakan pada *Portable Dynamic Positioning System* memiliki beberapa fungsi, yang pertama adalah untuk kebutuhan *Dynamic Positioning* dan kedua sebagai penggerak utama kapal. Untuk fungsi *Dynamic Positioning*, penggunaan jangkar dan sistem *mooring* tidak diperlukan. Fungsinya digantikan dengan *thruster* yang digunakan pada *Portable Dynamic Positioning System*. Jadi *thruster* dikontrol sedemikian rupa agar dapat mempertahankan posisi kapal tetap stabil pada posisinya walaupun mengalami gaya dari lingkungan yang berupa gelombang, angin, arus, dll. Contoh beberapa kapal dan pekerjaan yang membutuhkan fungsi *Dynamic Positioning* adalah kapal-kapal pada bidang *Offshore* serta kapal-kapal riset. Pada bidang *offshore*, penggunaan *Dynamic Positioning* banyak dijumpai pada kapal *drilling* dan *submersible rig*. Seringkali juga sistem ini diaplikasikan pada *barge* yang mensupport pekerjaan pengeboran dan pemasangan instalasi bawah laut seperti pipa dan kabel. Penggunaan *Portable Dynamic Positioning System* akan

menghilangkan jangkar dan sistem *mooring* yang biasanya digunakan untuk mempertahankan posisi kapal tetap stabil di posisinya.

Sedangkan untuk fungsi kedua sebagai penggerak utama kapal, *thruster* yang digunakan harus mampu memenuhi kebutuhan daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal. Selain itu, kepentingan untuk *manuvering* juga harus diperhatikan sesuai dengan daerah operasional kapal.

## 2. Pemasangan Instalasi Sistem

*Portable Dynamic Positioning System* memiliki beberapa komponen untuk dapat bekerja secara maksimal. Contoh komponen yang diperlukan adalah, *Hydraulic Power Unit* (HPU), bantalan, dan *mount thruster*. Pemasangan komponen-komponen tersebut, terutama *Hydraulic Power Unit* pasti memakan tempat di dek yang digunakan untuk tempat kargo. Apabila pemasangan komponen tersebut memotong ruang kargo, maka mengakibatkan kapasitas *payload* akan semakin berkurang. Apabila *payload* berkurang maka dapat menyebabkan tidak maksimalnya muatan yang dapat diangkut oleh kapal.

Berdasarkan dua pertimbangan tersebut, maka digunakan empat buah *thruster* pada kapal *Flat Top Barge*. Dari empat *thruster*, dua diantaranya berada di bagian haluan kapal dan dua *thruster* lainnya berada di buritan kapal. Penggunaan empat *thruster* ini dianggap merupakan yang paling sesuai dengan fungsi operasional kapal yang dapat digunakan untuk fungsi *Dynamic Positioning* dan fungsi penggerak utama kapal. Dengan empat *thruster*, diharapkan mempermudah control untuk menjaga posisi kapal dari gaya yang bekerja di haluan dan buritan kapal. Sehingga proses *Dynamic Positioning* dapat lebih mudah dilakukan daripada penggunaan *thruster* dengan jumlah yang lebih sedikit.

Lalu untuk fungsi penggerak utama, penggunaan empat *thruster* menjadikan *manuver* kapal lebih baik daripada penggunaan *thruster* dalam jumlah yang lebih sedikit. Terutama apabila kapal beroperasi di perairan yang berkelok-kelok, penggunaan empat *thruster* akan sangat banyak membantu untuk mendapatkan manuver kapal yang lebih baik.

Peletakan dari komponen *Portable Dynamic Positioning System* dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.8 Peletakan Komponen *Portable Dynamic Positioning System*

No	Komponen	Jumlah	Long Arm (Meter)	Vert Arm (Meter)
1	HPU Port 1	2	8.8	5.5
2	HPU Port 2	2	64.4	5.5
3	HPU Sb 1	2	8.8	5.5
4	HPU Sb 2	2	64.4	5.5
5	<i>Thruster</i> Port 1	2	6.1	5.5
6	<i>Thruster</i> Port 1	2	61.3	5.5
7	<i>Thruster</i> Sb 1	2	6.1	5.5
8	<i>Thruster</i> Sb 2	2	61.3	5.5

Dari table diatas dapat dijelaskan peletakan masing-masing komponen dari *Portable Dynamic Positioning System*. Dari empat HPU yang digunakan, dua HPU berada di haluan masing-masing pada *portside* dan *starboard* dan dua HPU berada di buritan kapal masing-masing di *portside* dan *starboard*. Begitu juga dengan empat buah *thruster*, peletakannya sama dengan peletakan HPU, yaitu masing-masing dua di haluan dan dua di buritan. Untuk long arm adalah jarak peletakan komponen dari bagian paling belakang kapal, sedangkan vertical arm adalah jarak peletakan komponen dari titik paling bawah kapal. Dari tabel 4.8 dapat diketahui untuk vertical arm masing-masing komponen berada pada 5.5 meter

atau sama dengan tinggi dek kapal. Lalu long arm dari tiap komponen HPU berada pada jarak 8.8 meter untuk HPU *portside* 1 dan 64.4 meter untuk HPU *portside* 2. Sedangkan HPU *starboard* 1 berada pada 8.8 meter long arm dan HPU *starboard* 2 berada pada 64.4 meter long arm. Selanjutnya peletakan *thruster portside* 1 dan 2 masing-masing adalah 6.1 meter dan 61.4 meter dari belakang kapal, dan *thruster starboard* 1 dan 2 berada pada 6.1 meter dan 61.4 meter dari belakang kapal.

#### 4.3.2 Pemilihan Spesifikasi *Portable Dynamic Positioning System*

Berdasarkan analisa sebelumnya, didapatkan penggunaan empat buah *thruster* pada kapal. Untuk kebutuhan *Power* mengacu pada analisa *Hull Speed* yang telah dilakukan. Hasil analisa *Hull Speed* diketahui kebutuhan *Power* sebesar 887 kW. Kebutuhan *Power* tersebut akan dibagi rata ke empat buah *thruster* yang akan digunakan.

Dari THRUSTMASTER didapatkan spesifikasi untuk tipe *thruster* yang akan digunakan. Masing-masing *thruster* memiliki *Power* 225 kW, maka jika empat buah *thruster* akan didapatkan *Power* sebesar 900kW. Jumlah ini telah mencukupi kebutuhan *Power* yang didapatkan dari analisa *Hull Speed*. Detail spesifikasi *thruster* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Name of <i>Thruster</i>	: THRUSTMASTER
Type of <i>Thruster</i>	: OD300N
Power	: 225 kW
Bollard Pull	: 40 kN
Engine Speed	: 305 rpm
Stern Length	: 5.5 m
Propeller Diameter	: 990 mm
<i>Thruster</i> Weight	: 2.8 ton

Model	Power		Bollard Pull		Max Stem Length		Propeller Diameter		Thruster Weight		Hydraulic Power Unit Length x Width x Height		HPU Weight	
	HHP	kW	lbf	kN	ft.	m	in.	mm	lbs	kg	in.	mm	lbs	kg
OD300N	300	225	8100	40	18	5.5	40	990	6200	2800	136 x 67 x 117	3454 x 1701 x 2971	11300	5125
OD500N	500	375	13400	60	22	7	50	1250	15000	6900	240 x 96 x 108	6096 x 2438 x 2743	20700	9389
OD750N	750	560	19000	80	30	9	55	1400	28000	12000	255 x 96 x 101	6477 x 2438 x 2565	31650	12655
OD1000N	1000	750	25000	100	30	9	65	1600	40000	18000	238 x 96 x 171	6045 x 2438 x 4343	40300	14356
OD1500N	1500	1120	36000	160	35	11	75	1800	56000	25000	240 x 98 x 139	6096 x 2489 x 3530	72100	32704
OD2000N	2000	1500	45000	200	35	11	80	2160	100000	45000	324 x 114 x 166	8229 x 2895 x 2946	88500	40142
OD3000N	3000	2250	70000	312	50	15	105	2670	160000	72000	324 x 114 x 166	8229 x 2895 x 2946	97800	44361

Gambar 4.31 Spesifikasi *Thruster*

HPU Specification :

Engine : Caterpillar 351B

Power : 1600 kW

RPM : 1500 rpm

SFOC : 191 G/bkWhr

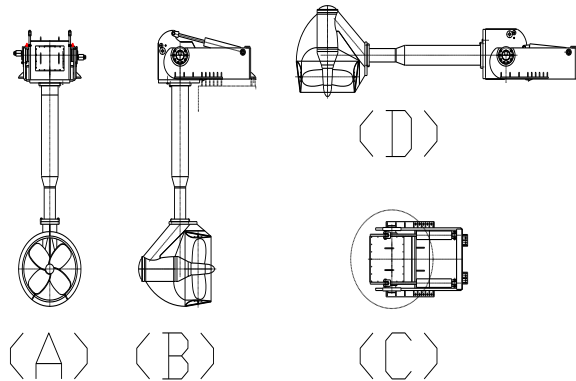
Num of Cylinder : 16

Description : 4 – stroke

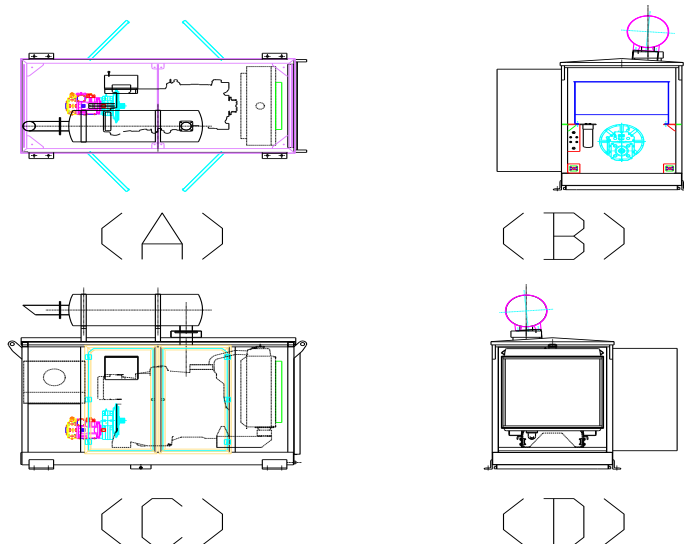
HPU Weight : 5.125 ton

HPU Dimension (PxLxT) : 3454 x 1701 x 2971 mm





Gambar 4.32 Gambar Model *Thruster* OD300N. Gambar A merupakan tampak depan, gambar B adalah tampak samping, gambar C adalah tampak samping, gambar D adalah tampak atas.



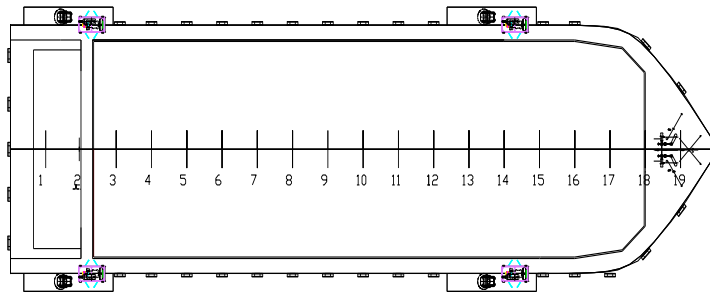
Gambar 4.33 Gambar Model HPU OD300N. Gambar A merupakan tampak atas, gambar B adalah tampak depan, gambar C adalah tampak samping, gambar D adalah tampak belakang.

#### 4.4 Gambar *General Engineering*

Gambar *General Engineering* (rencana umum) yang telah didesain meliputi gambar tampak samping kapal dan tampak atas kapal. Selain itu juga digambarkan desain dari tiap-tiap dek yang terdapat pada kapal. Lalu juga digambarkan letak tangki pada konstruksi *double bottom*. Dibawah ini merupakan gambar desain rencana umum dari kapal *Flat Top Barge 300feet*:

##### 4.4.1 Rencana Umum Tampak Atas

Pada gambar ini akan ditampilkan desain kapal termasuk bentuk lambung dan komponen-komponen yang ada pada kapal yang dilihat dari atas kapal. Sehingga desain akan seperti gambar berikut :

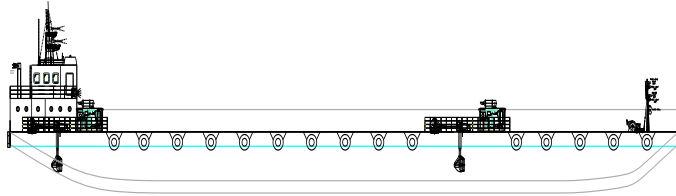


Gambar 4.34 Rencana Umum Tampak Atas

Dari gambar diatas dapat diamati dan dilihat peletakan dari *Portable Dynamic Positioning System* beserta komponennya, lalu bentuk lambung juga dapat diketahui. Pada sekitar bantalan tempat *Portable Dynamic Positioning System* dilindungi oleh pagar agar tidak terjadi kontak langsung apabila terjadi benturan sehingga diharapkan dapat mengurangi kemungkinan kerusakan akibat dari benturan.

#### 4.4.2 Rencana Umum Tampak Samping

Pada rancangan gambar tampak samping, tampak bentuk lambung kapal beserta komponen pada kapal. Dibawah ini merupakan desain rencana umum tampak samping:



Gambar 4.35 Rencana Umum Tampak Samping

Dari gambar atas dapat diketahui pandangan samping dari lambung kapal yang telah dirancang. Beberapa komponen pada kapal seperti shaft dan *thruster* dari *Portable Dynamic Positioning System* juga dengan jelas dapat diketahui, begitu juga dengan pagar pelindungnya. Letak dek kapal juga dapat diamati, dari gambar diketahui bahwa terdapat dua dek saja yaitu *main deck* dan *navigation deck*.

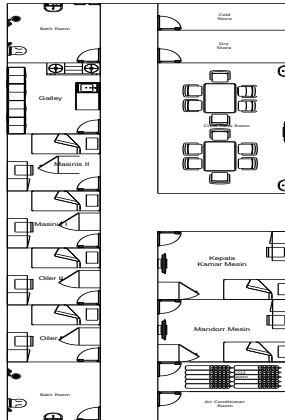
#### 4.4.3 Rencana Umum Tiap Deck

Pada rencana umum tampak samping telah diketahui bahwa terdapat dua *deck* yang dirancang, yaitu *main deck* dan *navigation deck*. Untuk gambar rencana umum dari masing-masing dek tersebut adalah sebagai berikut:

##### 1. *Main Deck*

Pada *main deck*, terdapat ruang tidur untuk masing-masing awak kapal. Mulai dari *oiler*, masinis, mandor mesin, dan juga kepala kamar mesin. Untuk menunjang aktifitas sehari-hari para

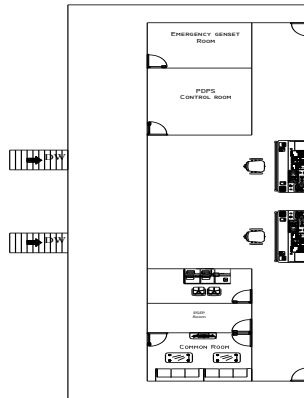
awak terdapat *mess room* yang dapat digunakan untuk makan bersama dan juga sebagai tempat bercengkerama. Terdapat juga dapur dan *bathroom* untuk para awak kapal. Desain rencana umum dari main deck adalah sebagai berikut:



Gambar 4.36 Main Deck

## 2. *Navigation Deck*

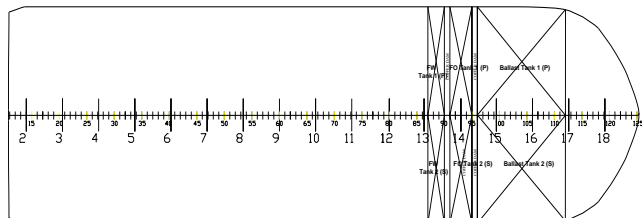
*Navigation deck* dirancang dengan tujuan untuk menunjang dan membantu kerja awak kapal untuk mengendalikan dan melakukan kerja operasional kapal. Pada *navigation deck* yang dirancang pada kapal ini, terdapat beberapa ruangan seperti *radio room* dan ESEP, serta control room untuk mengatur dan mengontrol kerja dari *Portable Dynamic Positioning System*. Rancangan *navigation deck* untuk kapal *Flat Top Barge* ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.37 Navigation Deck

#### 4.4.4 Rencana Umum Tangki

Jenis tangki yang akan ditentukan letaknya adalah tangki untuk air tawar, bahan bakar, dan *ballast*. Antara masing-masing tangki akan diberi *cofferdam* agar jika terjadi kebocoran tidak akan mengkontaminasi dari tiap-tiap tangki. Peletakan tangki pada konstruksi *double bottom* adalah sebagai berikut:

Gambar 4.38 Peletakan Tangki pada Konstruksi *Double Bottom*

Untuk tangki air tawar terletak pada gading nomor 87 samapi gading 90, lalu untuk tangki *fuel oil* terletak pada gading nomor 91 sampai dengan gading nomor 95, sedangkan untuk tangki *ballast* terletak pada gading nomor 96 sampai dengan gading nomor 113.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan perancangan yang bertujuan untuk mendapatkan desain kapal *Flat Top Barge* 300feet dengan menggunakan *Portable Dynamic Positioning System* sebagai sistem penggerak. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapal *Flat Top Barge* yang dirancang memiliki dimensi utama yaitu *Lwl* 90.1 meter, lebar 25 meter, tinggi 5.5 meter, *displacement* 8277 ton.
2. Jumlah *thruster* yang digunakan untuk *Portable Dynamic Positioning System* adalah 4 buah. Masing-masing *thruster* memiliki *power* sebesar 225 kW. Maka empat buah *thruster* total memiliki *power* sebesar 900kW. Jumlah HPU ( *Hidraulic Power Unit*) juga berjumlah empat buah, masing-masing dari HPU terdapat *engine* Caterpillar 3516B dengan daya 1600 kW. Untuk mengontrol kerja *Portable Dynamic Positioning System* disediakan sebuah *control room* yang berada di *navigation deck*.
3. Pada desain awal menggunakan *MaxsurfPro*, ukuran utama kapal adalah *Lwl* 90.1 meter, lebar 25 meter, tinggi 5.5 meter, sarat haluan dan buritan 4.2 meter, serta *displacement* 8277 ton. Setelah dilakukan analisa menggunakan *Hydromax*, pada kondisi satu yaitu *full load*, kapal *Flat Top Barge* memiliki *displacement* 8236 ton, lalu sarat pada haluan 4.250 meter, sarat pada buritan 4.1 meter. Perbedaan nilai tersebut bisa dikarenakan adanya selisih perhitungan pada LWT (*Light Weight Tonne*).. Sedangkan analisa *Hydromax* pada kondisi 2 yaitu muatan kosong didapatkan nilai *displacement* sebesar 2809 ton, sarat pada haluan 1.484 meter, serta sarat pada buritan sebesar 1.679 meter. Lalu analisa kondisi terakhir adalah kondisi 3 yaitu muatan

maksimal didapatkan nilai *displacement* 10036 ton, sarat pada haluan 4.97 meter dan buritan 5.02 meter.

## 5.2 Saran

Demi tercapainya hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, berikut saran-saran agar dapat melengkapi penelitian menjadi lebih sempurna:

1. Perlu menambahkan kajian mengenai sistem kelistrikan dari penggunaan *Portable Dynamic Positioning System*. Selain sistem kelistrikan juga bisa dilakukan kajian mengenai sistem perpipaan untuk setiap sistem yang terdapat pada kapal *Flat Top Barge*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adji,S.W, “*Diktat kuliah Pengenalan Sistem Propulsi Kapal*”, Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS, Surabaya, 2006.
- Wibawa,Ari., Trimulyono,Andi., Ubaidilah,Fazjeri. “*Perencanaan Kapal Tongkang Sebagai Penyeberangan Masyarakat Di Sungai Bengawan Solo, Desa Jimbung, Kabupaten Blora, Jawa Tengah*”,Semarang,2012.
- Papalangi,Ferlyn., Mulyatno,Imam Pujo., Manik,Parlindungan. “*Studi Perancangan Tongkang Pengangkut Limbah Batubara Di PLTU Tanjung Jati B Jepara*”, Tugas Akhir S-1, Teknik Perkapalan UNDIP, Semarang,2015.
- Prayoga,Bagus Nandika. “*Desain Self Propelled Oil Barge (SPOG) Untuk Distribusi Crude Oil Di Kabupaten Sorong, Papua Barat*”, Tugas Akhir S-1, Teknik Perkapalan, Surabaya,2015.
- Kemetrician Kelautan Dan Perikanan. “*Perencanaan Detail Engineering Design (DED) Kapal Riset 60 Meter*”. Jakarta: PT Binomical Persada.2016.
- Dynamic Positioning Conference.”*Basic Of Dynamic Positioning*”. Houston:Kongsberg Simrad Inc, 1998.
- Sorensen,J Asgeir.”*Dynamic Positioning System Overview And Trends*”, Department Marine Of Teknologi, Norwegian University OF Science And Technology, Norwegian, 2013.
- Widyandaro,Aulia. Wahyudi,Dedi. “*Methodology Of The Hybrid Propulsion For Trimaran Type Fast Patrol Boat*”.Teknik Perkapalan UNDIP-UNMUH, Semarang, 2011.
- <https://www.thrustmaster.net/>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# ABOUT THRUSTMASTER OF TEXAS, INC.



Thrustmaster of Texas, Inc. is based in Houston, Texas USA with offices in Rotterdam, Dubai, Singapore, Brazil, and India. As the world's leading manufacturer of marine thrusters Thrustmaster has maintained its reputation over the years by strictly adhering to its mission statement of both quality and customer service.

Thrustmaster is ISO 9001 certified by ABS. Thrustmaster field service engineers and technicians provide worldwide support 24 hours a day. Thrustmaster maintains a large inventory of all essential spare parts in Houston, Texas, backed up by a computer controlled inventory system, ensuring same-day shipping of breakdown spares to any destination in the world.

Agent Locations: Argentina - Australia - Brazil - Canada - Colombia – Egypt - England - Greece - India - Korea  
Mexico - New Zealand - Pakistan - Peru - South Africa - Taiwan - Turkey - Venezuela

## OTHER THRUSTMASTER PRODUCTS

Contact your Thrustmaster agent for help in choosing the correct thruster for you



**Standard Tunnel Thrusters** range from 16in (406) to 84in (2134) diameter and 35hp (26kW) to 2000hp (1,500kW) and can be built for aluminum or steel hulls. Electric motors and complete VFD assemblies can be provided and classed accordingly.



**Underwater Demountable Azimuth L-Drive Thrusters** for semi-submersible and large vessels available up to 8MW for Dynamic Positioning. These L-Drive thrusters feature a 7-degree downward angle to reduce interaction with the hull and increase thrust efficiency.

**Hydraulic Tunnel Thrusters** up to 2000hp (1490kW) offer wider flexibility to the industry. Hydraulic thrusters as a whole allow the prime mover to be located anywhere on the vessel. The prime mover can be a diesel or electric motor driven.



**Bottom Mount and Drop-In Azimuth Z-drive and L-drive** configured thrusters range from 74hp (55kW) to 10,750hp (8MW). These powerful Z and L-drives use electric or diesel prime movers and are perfect for tractor tugs and work vessels needing power and control in all directions.

**Retractable Azimuth Thrusters** with electric (shown) or hydraulic drives are available in a range from 74hp (55kW) to 3017hp (2250kW). Retractable thrusters can be retracted for high speed vessels and then extended upon arrival for Dynamic Positioning or used for emergency get home power.



### Thrustmaster of Texas, Inc.

6900 Thrustmaster Drive  
Houston, Texas 77041  
Phone: 713-937-6295  
Fax: 713-937-7962

Email: [info@thrustmastertexas.com](mailto:info@thrustmastertexas.com)  
Web Site: [www.thrustmastertexas.com](http://www.thrustmastertexas.com)

Designers and Manufacturers of  
**Advanced Marine  
Propulsion Systems**



# Portable Dynamic Positioning System



**Propulsion and Positioning for barges, drill ships, construction vessels, pipe and cable lay, research, salvage & recovery**



# INGENIOUS

*Imagine* being able to take something as simple as a barge and covert it into a highly sophisticated dynamically positioned vessel, all without the need for a dry-dock!

*Now* imagine this conversion being done dockside in the water, in less than a week.

Difficult you might say? Impossible? Not with Thrustmaster. We do it on a regular basis with great success. We call it the Portable Dynamic Positioning System (PDPS). This patented system consists of modular thrusters, power units, and a DP control van all interfaced and ready to go.

Our deck mounted system can be quickly installed dockside without dry-docking and without extensive modifications to the vessel so your vessel of opportunity can be ready to go with minimal conversion time.

Thrustmaster's Portable DP Systems are available for ships and barges from 100 to 600 feet (30-180m) in length and can be provided per DPS-0 to DPS-3 requirements of any classification society.



Thrustmaster's Portable Dynamic Positioning System (PDPS) is installed on this 270x85ft reel pipelay barge eliminating the need for anchors and anchor handling equipment.

The system allows subsea pipelay installation many times faster than can be done with an anchor moored barge.

Components of the Portable Dynamic Positioning System are shipped over the road and are regularly loaded using common shore cranes and general heavy duty material handling equipment.



# SPECIFICATIONS

Engine cooling is through a fin-fan radiator heat exchanger designed for high ambient temperature (52 1C/125 1F) operation. The cooling system is a closed-loop system complete with thermostats, housing and belt-driven centrifugal jacket water pump. Engine coolant is used for cooling of the engine block and head as well as the engine lube oil system via the engine lube oil cooler. The engine cooling radiator is remote mounted on the top of the HPU enclosure.

The engine is provided with a dry exhaust manifold and is attached through a flexible connection to a vertical muffler located on the top of the enclosure.

Heavy duty, deep cycling, lead-acid liquid electrolyte, size 8D marine batteries are installed for 24 VDC starting and operation and are provided with a 110 VAC battery chargers. 110 VAC lighting is installed to facilitate maintenance and is supplied to the HPU from ship=s AC generators. The rest of the electrical system and controls are powered by the 24 VDC batteries. Each engine is provided with a 24 VDC electric start motor and charging alternator.

The main pumps for each thruster are hydrostatic transmission variable-displacement axial piston pumps with electric swashplate controller and operating in a closed-loop system, providing non-stepping, infinitely variable propeller speed control in without the use of a marine gear or clutch.

Each hydraulic power pack is equipped with a series of hydraulic pumps, tandem mounted to the main hydraulic pumps, which provide for charging of the closed-loop hydraulic transmission system, flushing and lubrication of the hydraulic propulsion motor, and the steering and hydraulic tilt of the outdrive assembly.

The hydraulic system is provided with a loop flushing valve, charge flow filter, hydraulic reservoir with baffle plate, pressurized breather, return filter, magnetic separator, suction strainer, level gauge, hydraulic oil temperature gauge, level switch and temperature switch. A fan-tube heat exchanger with hydraulically-driven motor, a hydraulic pressure gauge panel and isolating valves are also included in the package.

A diesel fuel day tank with a capacity of not less than 12 hours at full engine operation is installed inside of each HPU. The fuel tank is provided with a level sight gauge and low level switch. The tank is vented to outside of the container. Fuel lines to the engine are provided with duplex fuel filter/water separators.

The diesel engine and related equipment, hydraulic pump, hydraulic reservoir and related accessories are enclosed in an ISO 40 foot shipping container suitable for ocean freight. The container is modified by installing louvers for engine air intake and exhaust and a personnel maintenance door. Engine intake air enters through louvered sections located at the after sides of the power unit and exits through the front end of the unit for thermal regulation of container inside temperature. The engine radiator system, hydraulic oil cooler, and critical silencing muffler are remote mounted on the top of the container.

Interconnecting hydraulic hose assemblies are provided for each thruster unit. Main hydraulic hoses are spiral-wound, oil-resistant Neoprene. All hydraulic connections to the thruster terminate at the rear end of the container and are provided with flanges or ISO 7241-1 Series B dry break quick disconnect couplings to facilitate easy connection of the hydraulic hose assemblies to the thruster. Electrical instrument and data communication cables are included.

### HPU MOUNTING

Each containerized diesel-hydraulic power unit (HPU) may be secured to the vessels deck by Peck and Hale fittings, bolt down chains and come-alongs or by any other means of securing ocean freight shipping container and One (1) summary alarm light. The panel is backlit and completely electrs and may be located at any convenient deck space.

### HPU CONTROLS

A local thruster control panel is installed in the HPU for each thruster. The controls consist of:

- One (1) combination propeller speed and steering joystick;
- One (1) 360 degree steering angle gauge;
- One (1) set push buttons for hydraulic tilt up and down of the thruster;
- One (1) set push buttons for engine start and stop;
- One (1) power on-off switch;
- One (1) high engine cooling water temperature alarm light;
- One (1) low engine lube oil pressure alarm light;
- One (1) high hydraulic oil temperature alarm light;
- One (1) low hydraulic oil level alarm light; and
- One (1) transfer switch for local and remote bridge control.

The panel is completely electric, based on 24 VDC electric supply. An emergency stop mushroom push button is installed on the outside of the HPU container.

### REMOTE BRIDGE CONTROL UNIT

Common Remote Control Panel:

With each shipset of multiple thruster units, a drop-in style common remote control panel is furnished. All controls are electric over hydraulic and controls of any thruster unit are independent from controls of any other thruster unit, without any electrical interconnection between the units. Controls for each unit on the common panel include:

- One (1) combination propeller speed and steering joystick;
- One (1) 360 degree steering angle gauge;
- One (1) transfer switch for automatic or manual control;
- One (1) thruster available indicator light; ic, based on 24 VDC electric supply.

### GENERAL NOTES:

Treatment and Painting:

All exterior metal surfaces are cleaned, undercoated and painted Thrustmaster=s standard marine-grade finishes. The finished paint application is smooth in appearance, continuous in color, free of dry overspray, pinholes, orange peels, sags or other film defects.

Excluded in the basic scope of supply:

- a. Any equipment which is indicated as optional.
- b. Fuel supply from the vessel to the integrated diesel-hydraulic power unit.
- c. Interconnecting hydraulic piping for permanent installation.
- d. Interconnecting electrical cable for permanent installation.

### NOTES/DISCLAIMER:

1. VALUES SHOWN ARE FOR GENERAL ARRANGEMENTS ONLY. MANY CONDITIONS WILL AFFECT YOUR ENGINEERED THRUSTER(S). ONLY THE VALUES AND CONDITIONS UNDER WRITTEN CONTRACT WILL APPLY. ALL VALUES ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE OR CONSENT. CONTACT THRUSTMASTERS HIGHLY QUALIFIED ENGINEERS TO DETERMINE YOUR PROJECT PARAMETERS.

2. CONTACT YOUR REGIONAL AGENT OR INFO@THRUSTMASTERTEXAS.COM FOR MORE INFORMATION ON MODELS OR SIZES BETWEEN THOSE SHOWN.



# SPECIFICATIONS

Consult with your Thrustmaster sales or project manager to determine which thruster best fits your application.

Name	Power		Bollard Pull		Std. Stem Length		Prop RPM	Propeller Diameter		Nominal Thruster Weight	
	HHP	kW	Ft.Lbs	kN	Ft.	M		In.	mm	lbs	kg
OD300N	300	224	8100	36	10	3	540	39 x 39	991 x 991	6230	2825
OD500N	500	373	13375	59	10	3	420	49 x 51	1245 x 1295	15200	6895
OD750N	750	559	18860	84	10	3	416	55 x 55	1397 x 1397	27900	12655
OD1000N	1000	746	25050	111	10	3	370	63 x 62	1600 x 1575	28900	13108
OD1500N	1500	1119	36000	160	10	3	305	73***	1850	56000	25400
OD1800N	1810	1350	41000	182	35	10	305	75***	1905	64000	29030
OD2000N	2000	1491	45000	200	35	10	279	81***	2058	70000	31750

\*\*\* The thruster unit is equipped with a Kaplan accelerator series nickel-aluminum bronze, four-blade, high-thrust, monoblock propeller contained in a Kort 19A nozzle. The nominal diameter of the propeller shown and the blade pitch and disk area ratio shall be such that maximum static bollard thrust is achieved.

Any of the following are subject to change without notice. Contract agreements determine the exact specifications for each system.

## OUTBOARD DRIVE ASSEMBLY:

The outboard drive assembly includes the steering motor, drive and stem rotation mechanisms, outboard stem, propeller hydraulic motor, propeller, nozzle and outboard tilt mechanisms. The outboard drive assembly is a totally sealed, self-contained unit with convenient means provided for checking, draining and filling of lubricants. Routine servicing of the outdrive does not require disassembly of the unit. The thruster is completely marinized and suitable for marine service.

Pivot points shall be incorporated in the outboard drive to allow elevation of the stem for inspection or maintenance. Elevation (tilt) is accomplished without disconnecting the outboard drive from the main power source so that operational control may be returned immediately and to permit maintenance and repair without employing divers or drydocking the vessel.

The thruster unit incorporates a hydraulic power tilt system capable of elevating the outboard drive assembly through an arc of 90 degrees. Hydraulic oil supply for the power tilt mechanism is supplied by the steering and tilt hydraulic pump. Power tilt hydraulic cylinders and piston rods are constructed of suitable alloys to prevent marine atmospheric corrosion. Cylinder rods are chromium plated. The cylinders are of sufficient volume and stroke to provide the full 90 degree arc of the outboard drive while subjected to full propeller thrust loading.

The outdrive assembly stem length will be matched to suit the vessel depth and sponson deck elevation as to provide proper propeller submergence. Maximum stem length is 35 feet. Longer lengths available at additional cost.

The thruster unit is equipped with a Kaplan accelerator series nickel-aluminum bronze, four-blade, high-thrust, monoblock propeller contained in a Kort 19A nozzle. The nominal diameter of the propeller is 81 inches and the blade pitch and disk area ratio shall be such that maximum static bollard thrust is achieved.

The thruster unit is equipped with electric over hydraulic steering, with a hydraulic steering motor interconnected with a drive and rotation mechanism powered by the steering and tilt hydraulic pump. The unit steers 360 degrees continually, without stops, while subjected to full propeller thrust, facilitating the vessel=s ability to maneuver nearly independent of wind and wave excitation forces. The steering speed is three (3) RPM and is field adjustable.

Each thruster unit has a bi-directional, variable-speed piston motor directly driving the propeller shaft. The hydraulic motor is installed inside the fabricated steel lower outdrive housing. The propeller shaft is supported by large, oil-lubricated taper roller bearings. The motor produces a rotative speed of 279 RPM. Propeller speed can be infinitely controlled providing excellent maneuvering ability and performance equivalent to controllable pitch propellers. Pressure limiters and cross reliefs protect the hydraulic transmission in the event of propeller blockage. The propeller can be stalled at any time without causing damage to the transmission.

The propeller shaft oil-lubricated taper roller bearings have an L10 service life in excess of 20,000 hours based on operation at full load.

Each thruster is provided with flanges and quick disconnect couplings for the interconnecting hoses to the HPU. A NAEM-4X enclosure is provided for electrical cable connection to transmit steering angle sensor data.

Feedbacks for thrust and azimuth output to the DPS computer are provided.

The outboard drive assembly is supported by a common steel mini-skid arrangement, containing the hydraulic tilt cylinders and suitable for mounting to the vessel=s deck or to sponson decks by bolt-down or welding. Mounting on sponson decks will allow for 90 degree tilt of the thruster units parallel to the side and centerline of the vessel.

## DIESEL-HYDRAULIC POWER UNIT AND ACCESSORIES

A containerized diesel-hydraulic power unit is provided for each thruster outdrive and is suitable for remote mounting at any convenient deck space on the vessel. Each diesel-hydraulic power unit consists of a radiator-cooled marine diesel prime mover, hydrostatic main hydraulic pumps operating in a closed-loop hydraulic system, hydraulic and engine cooling equipment, hydraulic reservoir, filters, hoses and piping, engine exhaust system and all other related parts and equipment. Engine and hydraulic components are enclosed in a specially modified ISO 40 foot container suitable for ocean freight.

Each hydraulic propulsion unit is powered by a Caterpillar 3516B DITA skid-mounted, radiator-cooled, direct-injected, turbo-charged, 4-stroke, 16 cylinder diesel engine continuously rated for 2,000 BHP at 1,600 RPM. The diesel engine drives a hydraulic pump package providing motive power for the propeller and steering of the outdrive. Engine start is by local control panel.

The engine is complete with electronic variable-speed governor, water jacket and pump, engine flywheel adapter for hydraulic pump package, electric start motor, alternator, and all standard accessories such as air, fuel and lube oil filters, and low lube oil and high jacket water temperature alarms.

An electronic instrument panel is located on the side of the engine and includes a main display module, gauge cluster module, engine control switch, pyrometer, emergency stop push-button, and engine alarm and acknowledgment push-button.

# SIMPLE AND COST EFFECTIVE

## Worlds Largest Hydraulic Thrusters

The major component behind the Thrustmaster Portable Dynamic Positioning System is the thruster unit. Thrustmaster passed several engineering barriers typical to hydraulics years ago to produce the world's largest hydraulic marine thrusters.

Capable of positioning off-shore drill rigs, ships and barges for DP-0 to DP-3 classed vessels the exclusive tilt-up feature allows the vessel to be towed or propelled to the site and then lowered for dynamic positioning service. Using Thrustmaster's patented PDPS package barges, drillships, and oil rigs hold position to drill in the shallows of lake Maracaibo or in ultra deep waters off the coast of Brazil. Meanwhile major construction vessels can hold precise position next to bridges, wind farm towers, or sunken rigs and precisely deliver their work loads with confidence.

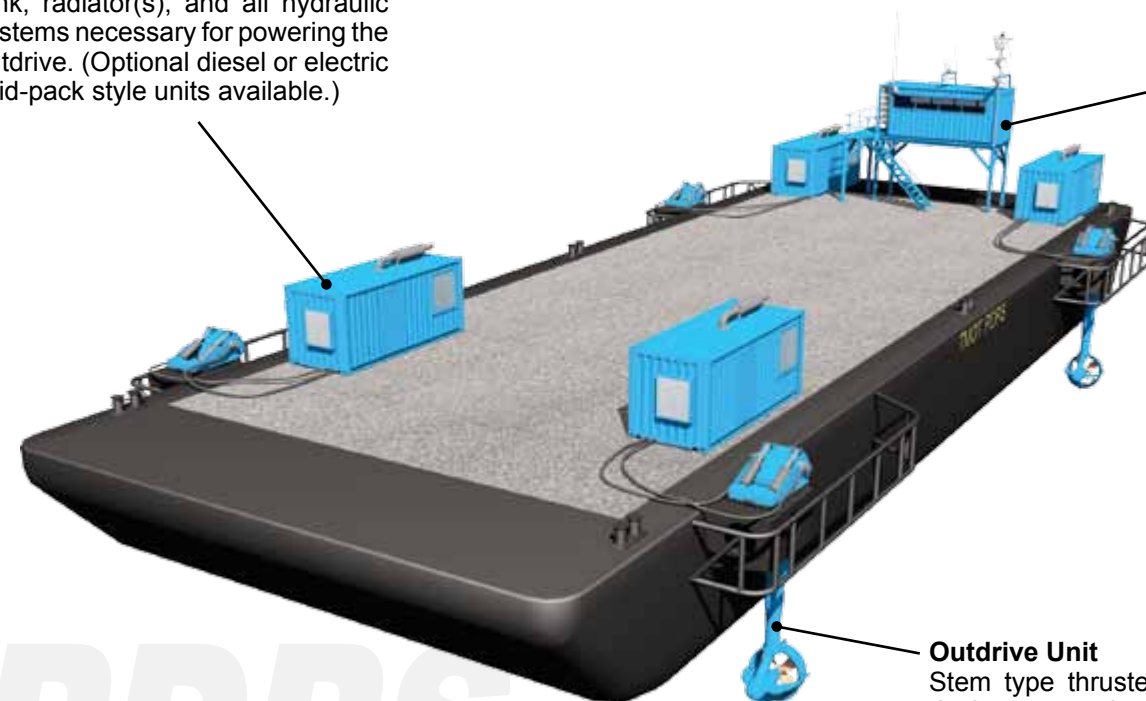
The thrusters are mounted directly to the deck and the HPU is mounted at any convenient location on deck. Each thruster comes with its own self-contained diesel hydraulic power unit (HPU). The HPU produces the hydraulic power to drive the propeller, provide steering, and operate the swing-up functions of the thruster. The HPU is a fully enclosed, fully self contained design for outdoor installation. Your alarm systems, fire suppression, shut downs, noise abatement, and control panels can all be customized to fit the environment you will be working in.

## Control Van

Built from standard size shipping containers with industry compliant doors and windows. Ready to plug in DP system and exterior mountings for antenna and radar. Air conditioning, lighting, and layout options are customizable to fit the customers specifications.

## Hydraulic Power Unit

Built from a standard size shipping container with diesel engine, day tank, radiator(s), and all hydraulic systems necessary for powering the outdrive. (Optional diesel or electric skid-pack style units available.)



## Outdrive Unit

Stem type thruster that mounts on the deck or a porch. Steers 360° and can tilt up 90°. Connects to the HPU through flexible hoses or rigid piping. Rated from 300hp (kW) to 2000hp (1490kW).



## THRUSTMASTER FINDS *GOLD!*



The R/V Arctic Discoverer was outfitted with two Thrustmaster hydraulic thrusters to hold position over one of the largest sunken gold treasurers ever recovered. The story was chronicled on one of the early Discovery™ Channel broadcasts in the U.S.

## THE EVOLUTION OF INGENUOUS DESIGN

Thrustmaster's patented Portable Dynamic Positioning System centers on joining sophisticated DP electronics with our one-of-a-kind hydraulic azimuth thrusters. Refined to fit virtually any vessel of opportunity the deck mounted unit can be tilted up to travel to the work-site and then lowered to dynamically position the vessel. Hydraulic hoses or hard piping deliver the fluid between the HPU and swivel connections allowing smooth and reliable 360° continuous adjustments. The air cooled HPU is fully self-contained and comes ready to run with a standard internal operator control panel, day tank, fluid tanks, and fire suppression system.



One of five units that comprise a Portable Dynamic Positioning System that can be used on a drillship.



Standard Diesel Engine Configuration



Electric HPU Skid



Diesel HPU Skid



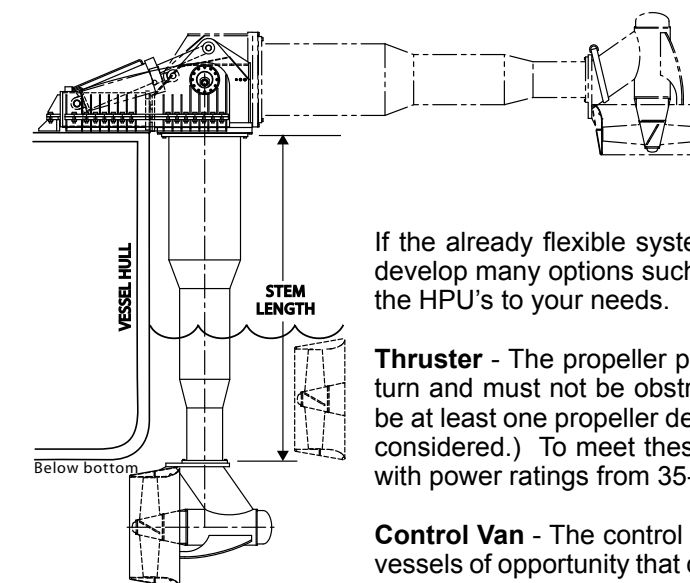
Electric HPU Vertical Unit



DP Control Van - Expanded Wide Version



Pilothouse Controls with Drop In Panels



## PLANNING INFORMATION

**HPU** - The Portable Dynamic Positioning System package is normally defined as fully containerized HPU's, thrusters, and a control van. This arrangement allows the entire package to be moved from vessel to vessel without having to dry-dock or make extensive changes to either vessel. Thrustmaster of Texas, Inc. is a dedicated engineering company that can quickly respond to special circumstances.

If the already flexible system must be made even more flexible our engineering group can develop many options such as seawater cooling, electric or diesel skid packs, or reconfigure the HPU's to your needs.

**Thruster** - The propeller provides continuous controlled thrust through a 360° non-stepping turn and must not be obstructed by the vessels hull. To avoid cavitation the propeller must be at least one propeller depth below the waterline. (Extreme operating conditions should be considered.) To meet these conditions the stem length can be made up to 45 feet (13.7m) with power ratings from 35-2000 hydraulic horsepower (27-1490kW).

**Control Van** - The control van was designed as part of the PDPS package and intended for vessels of opportunity that do not already have a pilothouse. The Thrustmaster Control Van is a pilothouse built from an ISO container with watertight windows and doors, air-conditioning, and computerized dynamic positioning controls of your choice.





**Thrustmaster of Texas, Inc.**  
6900 Thrustmaster Drive  
Houston, TX 77041 USA

Phone: +1 713 937 6295

info@thrustmastertexas.com  
www.thrustmaster.net

**Thrustmaster Europe**  
Broeikweg 31a  
2871 RM Schoonhoven  
The Netherlands

Phone: +31 182 381044

**Thrustmaster do Brasil Ltda.**  
Av. Nilo Peçanha, 50 – Sala 2911  
20020-906 Centro  
Rio de Janeiro, RJ Brasil

Phone: +55 21 3045 9730

**Thrustmaster Middle East FZE**  
Building Y - Office No.32  
Sharjah Airport Int'l. Free Zone  
Sharjah, United Arab Emirates

Phone: +971 6 5574104

**Thrustmaster Asia Pacific Pte Ltd.**  
18 Boon Lay way, #05-147  
Tradehub 21, Singapore 609966

Phone: +65 64651218

Copyright © 2014 Thrustmaster of Texas, Inc. All rights reserved.



# PORTABLE DYNAMIC POSITIONING SYSTEM

Instantly convert any barge or vessel into a Dynamically Positioned work vessel.



# LET US INTRODUCE OURSELVES

For over 30 years, Thrustmaster of Texas has been designing, manufacturing and supporting marine propulsion systems for a global network of customers and continues to be the largest manufacturer of marine thrusters in the U.S.

Thrustmaster's propulsion units are manufactured in Houston, TX with a variety of configurations including self-contained and portable deck-mounted propulsion units, thru-hull azimuthing thrusters, Z-drives, water jets, retractable thrusters and tunnel thrusters in power ranges from 35 to 10,740 hp ( 22 kW to 8 MW ).

Special expertise has been developed in designing and manufacturing equipment for maneuvering, navigating and dynamic positioning of slow-speed marine craft and barges.

Thrustmaster's patented Portable Dynamic Positioning System is a unique modular system of azimuth thrusters, power modules and controls allowing quick dockside conversion of any work barge or ship to a dynamically positioned vessel. Ideal for upgrading derrick barges, pipelay vessels, cable lay barges, accommodation vessels, FPSO's, heavy lift vessels, and more. As offshore operations move to deeper waters, you can upgrade your anchor moored vessels to DP-1, DP-2 or even DP-3.





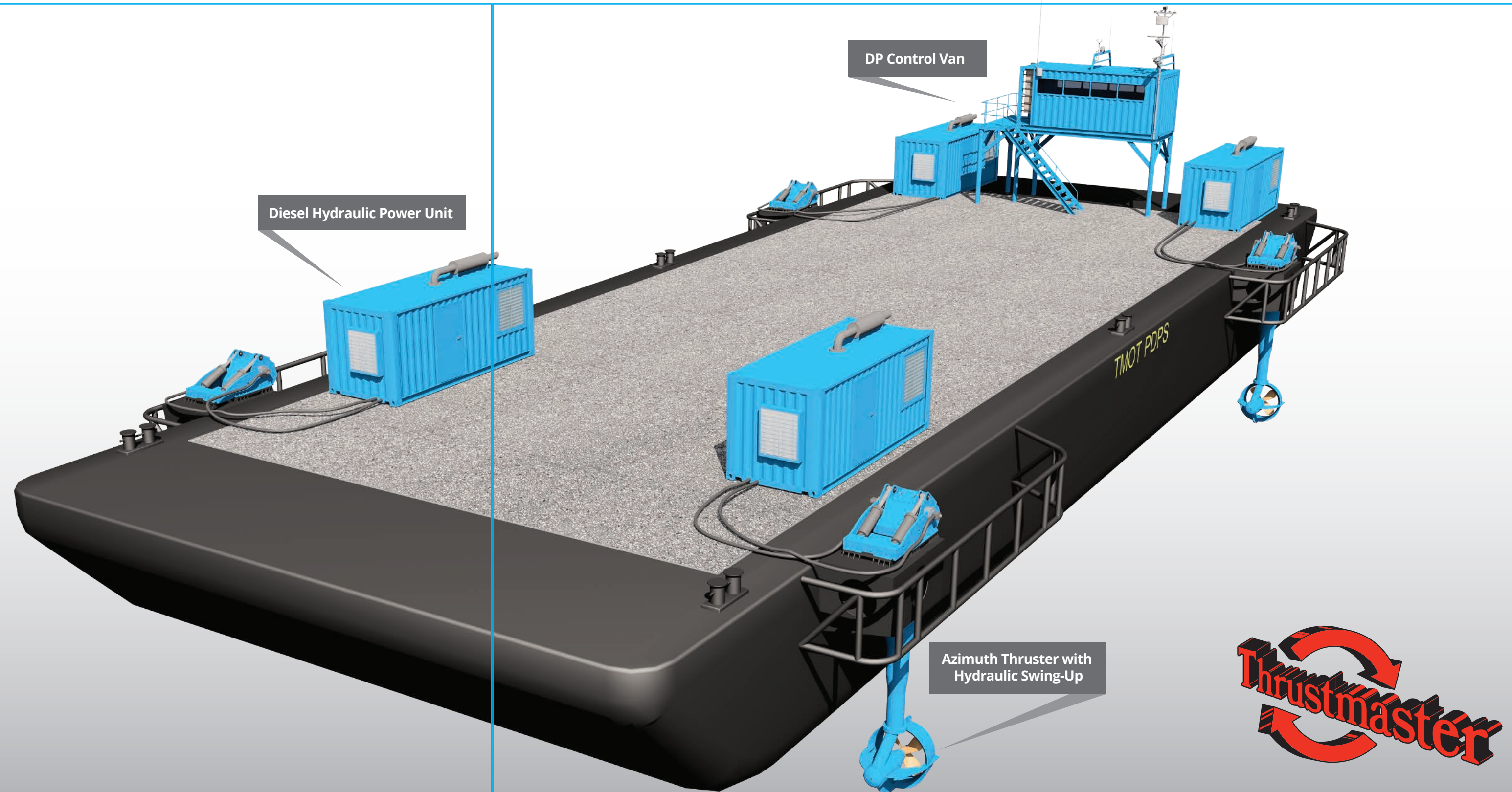
# PORTABLE DYNAMIC POSITIONING SYSTEM

The Portable Dynamic Positioning System consists of modular deck mounted azimuthing thrusters with separate hydraulic power units and a DP control van interfaced and ready to go.

The whole deck mounted system can be quickly installed dockside without dry docking and without extensive modifications to the vessel so your vessel of opportunity can be ready to go in minimal conversion time.

A wide variety of options are available with power ranges from 225 kW to 2,250 kW (300 hp to 3,000 hp), DP Systems, Controls, and deck mounted Hydraulic Power Units (HPU).

Thrustmaster's Portable DP Systems are available for ships and barges from 30 to 180 meters (100 to 600 ft) in length and can be provided per DPS-0 to DPS-3 requirements of any classification society.





# applications



PDPS installed on the Crossmar 21 - a 260 ft (80 m) offshore construction barge. Its DPS-3 system uses four 1000 HP (750 kW) thrusters.



PDPS installed on the 270 x 85 x 17 ft (82 x 25 x 5 m) reel pipelay barge owned by Nippon Salvage. The system allows subsea pipelay installation many times faster than can be done with an anchor moored barge. Uses four 500 HP (380 kW) azimuth thrusters.



PDPS Installed on Versabar VB 10,000 - a barge-mounted dual truss system with the ability to perform single-piece topside floatovers and retrievals of up to 10,000 tons. Its DPS-2 class uses eight 1000 HP (750 kW) retractable azimuth thrusters.





PDPS installed on the Helix Producer I, a 530 x 95 ft (160 x 30 m) DP-2 FPO operating in the Gulf of Mexico equipped with a disconnectable transfer system. The vessel services smaller oil fields in deepwater over the life of the facility and can also be used as an early production test vessel.



The Titan II is a 465 ft (142 m) long catamaran with an 850 ton pedestal crane for construction support & accommodation working in the Gulf of Mexico. It uses a PDPS with 8 thrusters that have been operating around the clock without interruption for more than 12 years. The vessel continued to hold heading and position even during a complete vessel blackout.



The Wind pioneer is a 180 x 90 ft (56 x 28 m) offshore construction jack up vessel for offshore wind turbine installation and maintenance. The PDPS uses four azimuth thrusters at 1000 HP (750 kW) each.







PDPS Installed on Jascon 28, a 360 x 100 ft (110 x 30 m) DPS-3 accommodation hook-up vessel equipped with four 1500HP (1200 kW) and two 1000 HP (745 kW) thrusters for deep water construction support in West Africa.



PDPS installed on the BGL-1 - a 400 ft (122 m) pipelay and derrick barge owned and operated by Petrobras. It was upgraded in 2006 with a PDPS comprising six 2000 HP (1500 kW) thrusters.

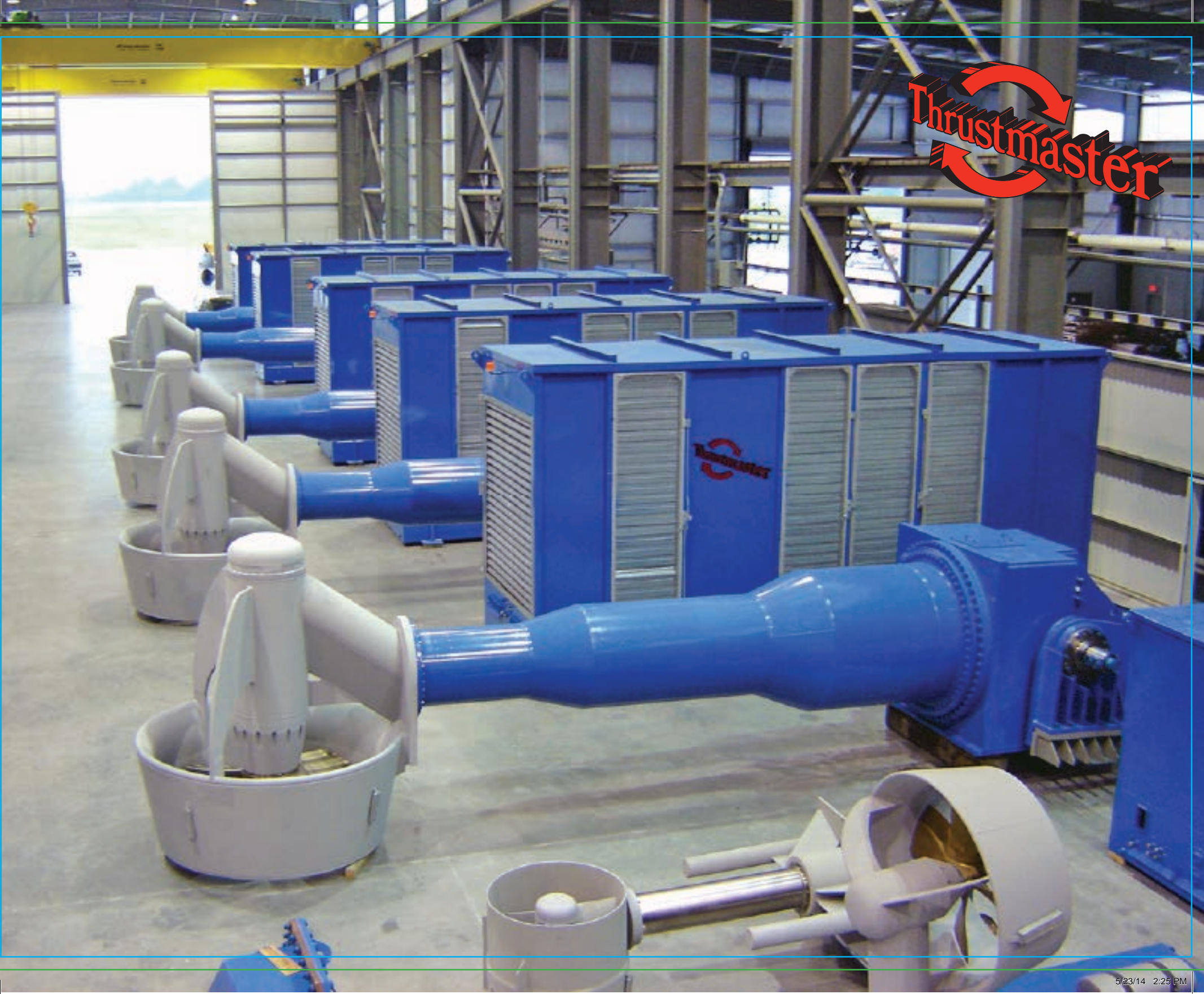


PDPS installed on the Dockwise Mighty Servant 3, a 460 by 130 ft ( 140 by 40 m ) semi-submersible heavy lift vessel, during testing of offshore vehicle transfer technology with the U.S. Navy. Its DP-2 class uses five 2000 HP ( 1500 kW ) azimuth thrusters.





FEATURE	Complete system with DP computers, sensors, thrusters, prime movers and support systems all fully integrated.	No design studies, no system engineering, no shipyard, single source system responsibility. Saves time, money, and eliminates mismatches/compatibility issues between component suppliers. No finger pointing. Everything arrives in one shipment.	BENEFIT
FEATURE	Flexible DP system configuration. Easy upgrades to DP-0 through DP-3 with options for cable or pipelay software, follow ROV and electronic navigation chart display.	Allows easy matching to project mission requirements with many options for future upgrades. Class certification available as required by contract or insurance carriers.	BENEFIT
FEATURE	Modular design, with thruster & HPU modules available up to 2,250 kW (3,000 hp).	Allows easy configuration to suit any size vessel or barge, with freedom to place modules wherever space is available.	BENEFIT
FEATURE	Deck-mounted or porch mounted azimuthing thrusters with tiltable stems and power units.	No vessel conversion needed to create new engine rooms for generator sets and thruster rooms for thru-hull thrusters. Saves lots of engineering design time and money. Eliminates the need for lengthy and expensive vessel conversion in dry-dock.	BENEFIT
FEATURE	Thrusters and power units are bolted to the deck.	Allows quick and easy installation and removal dockside, without dry-docking. Equipment does not become part of the vessel and can be used as a temporary enhancement of a leased or chartered vessel of opportunity.	BENEFIT
FEATURE	Power units are totally self-contained with radiator-cooled engines and hydraulics, built-in fuel day tank, critical muffler, battery powered start and control system with charging alternator and local control panel.	No vessel utilities required. Each power unit is completely independent, fully unitized, and ready for start-up as delivered. Vessel DP conversion or mobilization can be accomplished within days.	BENEFIT
FEATURE	Thrusters are fully azimuthing and the hydraulic drive provides fully proportional propeller speed control with full torque available at any speed setting.	Perfect thrust vectoring with fast and accurate response to control commands; ensures highly accurate vessel positioning capability.	BENEFIT
FEATURE	Thrusters use podded design concept. Propeller shaft is directly driven by hydraulic motor in the foot (or pod) of the thruster. The stem contains hydraulic hoses only.	High propulsion efficiency, no gear losses. Reliable due to its simplicity & limited number of moving parts. Allows the use of long stems, as the stem does not contain drive shafts, bearings or gears. Lateral & torsional critical speeds are far above operating speeds. Runs smooth, no vibration.	BENEFIT
FEATURE	Thrusters have hydraulic kick-up feature to tilt thrusters completely out of the water to deck level.	Allows easy access to all parts of the thruster, including propeller to clear fouling. Dry-docking for thruster repair is never required. Allows vessel access to shallow ports. Allows vessel transit with thrusters stowed out of the water.	BENEFIT
FEATURE	Each thruster has its own dedicated power unit and controls as an independent, stand-alone package.	True redundancy, no common points of failure. Very easy FMEA. No need for a power management system.	BENEFIT
FEATURE	Packaged DP control van with completely integrated DP system with UPS, MRU, gyro, wind sensor, DGPS and options for laser, microwave, radius, taut wire system, HPR, navigation and communication equipment.	Portable bridge, fully outfitted and wired, already class approved and ready for use.	BENEFIT





# OUTBOARD HYDRAULIC THRUSTER UNIT TECHNICAL SPECIFICATIONS

Model	Power		Bollard Pull		Max Stem Length		Propeller Diameter		Thruster Weight		Hydraulic Power Unit Length x Width x Height		HPU Weight	
	HHP	kW	lbf	kN	ft.	m	in.	mm	lbs	kg	in.	mm	lbs	kg
OD300N	300	225	8100	40	18	5.5	40	990	6200	2800	136 x 67 x 117	3454 x 1701 x 2971	11300	5125
OD500N	500	375	13400	60	22	7	50	1250	15000	6900	240 x 96 x 108	6096 x 2438 x 2743	20700	9389
OD750N	750	560	19000	80	30	9	55	1400	28000	12000	255 x 96 x 101	6477 x 2438 x 2565	31650	12655
OD1000N	1000	750	25000	100	30	9	65	1600	40000	18000	238 x 96 x 171	6045 x 2438 x 4343	40300	14356
OD1500N	1500	1120	36000	160	35	11	75	1800	56000	25000	240 x 98 x 139	6096 x 2489 x 3530	72100	32704
OD2000N	2000	1500	45000	200	35	11	80	2160	100000	45000	324 x 114 x 166	8229 x 2895 x 2946	88500	40142
OD3000N	3000	2250	70000	312	50	15	105	2670	160000	72000	324 x 114 x 166	8229 x 2895 x 2946	97800	44361



# HYDRAULIC POWER UNIT & ACCESSORIES

A containerized diesel-hydraulic power unit is provided for each thruster and is suitable for remote mounting at any convenient deck space on the vessel.

Each diesel-hydraulic power unit consists of a radiator-cooled marine diesel prime mover, hydrostatic main hydraulic pumps operating in a closed-loop hydraulic system, hydraulic and engine cooling equipment, hydraulic reservoir, filters, hoses and piping, engine exhaust system and all other related parts and equipment.



# DP CONTROL VAN

The control van contains all of the DP controls and thruster controls.

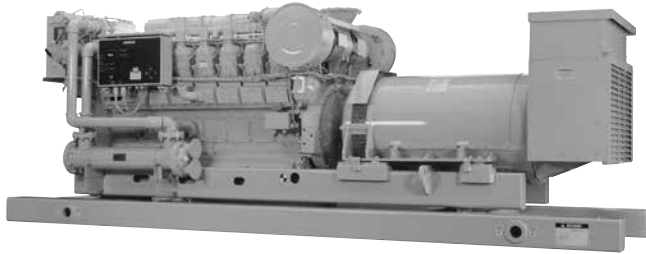
It is provided with captain's chair, air conditioning, and heating, large marine windows all around, marine doors, and an easily accessible connector box for all external cables to thrusters HPU's and sensor equipment.





## 3516B Offshore Generator Set

1648 kW (2060 kVA)  
1717 kW (2303 bhp)  
50 Hz (1500 rpm)



Actual configuration may  
vary from displayed image

### CAT® ENGINE SPECIFICATIONS

#### V-16, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Emissions ..... EPA Marine Tier 2, IMO Tier II  
Bore ..... 170 mm (6.7 in)  
Stroke ..... 190 mm (7.5 in)  
Displacement ..... 69 L (4233 in<sup>3</sup>)  
Aspiration ..... Turbocharged-Aftercooled  
Governor and Protection ..... Electronic ADEM™ A3  
Refill Capacity  
Lube Oil System (refill)<sup>2</sup> ..... 405 L (107 U.S. gal)  
Module Cooling System<sup>3</sup> ..... 480 L (127 U.S. gal)  
Oil Change Interval ..... 1000 hours

### FEATURES

#### Engine Design

- Proven reliability and durability
- Robust diesel strength design prolongs life and lowers owning and operating costs
- Assembled, tested, and validated as a package to minimize package vibration and maximize component life
- Market-leading power density
- Long overhaul life proven in oilfield applications
- Core engine components designed for reconditioning and reuse at overhaul

#### Ease of Installation

Engine and generator are mounted to an inner base, which mounts to an outer base assembly with vibration isolators; installed with an integral drip tray to provide a single lift installation and to reduce shipyard scope of work complexity

#### Safety

- E-stop pushbutton on instrument panel
- Air shutoff and explosion relief valves
- Configurable alarm and shutdown features
- Extra alarm switches available for customer-supplied panel

#### Improved Serviceability

Large inspection openings allow convenient access to core engine internals

#### Reduction of Owning and Operating Costs

- Long filter change intervals, aligned with service intervals
- Excellent fuel economy — direct injection electronic unit injectors precisely meter fuel

#### Custom Packaging

For any petroleum application, trust Caterpillar to meet your exact needs with a factory custom package. Cat® engines, generators, enclosures, controls, radiators, transmissions — anything your project requires — can be custom-designed and matched to create a one-of-a-kind solution. Custom packages are globally supported and are covered by a one-year warranty after startup.

#### Testing

Every Cat engine is full-load tested to ensure proper engine performance.

#### Product Support Offered Through Global Cat Dealer Network

- More than 2,200 dealer outlets  
Caterpillar factory-trained dealer technicians service every aspect of your petroleum engine  
Caterpillar parts and labor warranty  
Preventive maintenance agreements available for repair-before-failure options  
S•O•S<sup>SM</sup> program matches your oil and coolant samples against Caterpillar set standards to determine:
- Internal engine component condition
  - Presence of unwanted fluids
  - Presence of combustion by-products
  - Site-specific oil change interval

#### Over 80 Years of Engine Manufacturing Experience

- Ownership of these manufacturing processes enables Caterpillar to produce high quality, dependable products.
- Cast engine blocks, heads, cylinder liners, and flywheel housings
  - Machine critical components
  - Assemble complete engine

#### Web Site

For all your petroleum power requirements, visit [www.catoilandgasinfo.com](http://www.catoilandgasinfo.com).

## STANDARD EQUIPMENT

### Air Inlet System

Aftercooler core, corrosion resistant coated (air side)  
Air cleaner, regular duty, with soot filter  
Dual turbochargers, 152 mm (6") OD straight connection  
Service indicators

### Control System

Caterpillar ADEM A3 electronic engine control, LH  
Requires 24V DC 10 amp continuous, 20 amp intermittent,  
clean electrical power

### Cooling System

*In order to ensure compliance in use, optional or customer-supplied heat exchangers or radiators must be capable of rejecting enough heat to allow proper operation at worst case site conditions, and also must supply 122°F (50°C) SCAC cooling water to the aftercooler inlet, with an SCAC flow rate of at least 200 GPM with an ambient temperature of 86°F (30°C) and at-site conditions (including altitude considerations).*

### Engine Configuration for Remote Radiator Cooling:

Outlet controlled thermostat and housing, full open temperature 92°C (198°F)  
Jacket water pump, gear driven  
Single water outlet connection, includes flange:  
143 mm (5.6")  
Aftercooler fresh water cooling pump (SCAC), gear driven centrifugal  
SCAC pump circuit contains a thermostat to keep the aftercooler coolant from falling below 30°C (85°F)

### Exhaust System

Dry, gas-tight exhaust manifolds with thermo-laminated heat shields  
Dual turbochargers with thermo-laminated heat shields  
Flexible exhaust fitting/weldable exhaust flange

### Flywheels and Flywheel Housings

Flywheel, SAE No. 00, 183 teeth  
Flywheel housing, SAE No. 00

### Fuel System

Fuel filter, LH  
Fuel transfer pump  
Fuel priming pump, LH (RH is optional)  
Electronically controlled unit injectors  
Relocated customer connection from fuel return check valve located at top of engine to fuel inlet customer connection point at base of engine. Includes rigid lines on engine as well as two flexible hoses.

### Generator

See generator data, page 3

### Instrumentation

Graphic Unit (Marine Power Display), LH for analog or digital display of:  
Engine oil pressure  
Engine water temperature  
Fuel pressure  
System DC voltage  
Air inlet restriction  
RH & LH exhaust temperature  
Fuel filter differential  
Oil filter differential  
Service meter

Engine speed  
Instantaneous fuel consumption  
Total fuel consumed  
Engine control switch (4-position)  
Alarms are prioritized  
Overspeed shutdown notification light  
Emergency stop notification light  
Prelube override  
Shutdown override

### Lube System

Crankcase breather, top mounted  
Oil cooler  
Oil filter and dipstick, LH  
1000 hour deep oil pan — not capable of 15° tilt (see options for 15° and 25° tilt pans)  
Oil pump, gear-type  
Oil pan drain valve, 2" NPT female connection

### Protection System

*ADEM A3 monitoring system provides engine deration, alarm, or shutdown strategies to protect against adverse operating conditions. Selected parameters are customer-programmable. Status available on engine-mounted instrument panel and can be broadcast through the PL1000 or I/O module. Initially set as follows:*

#### Safety shutoff protection, electrical:

Oil pressure, water temperature, crankcase pressure, aftercooler temperature; includes air inlet shutoff, activated on overspeed or emergency stop; oil pressure and water temperature (non-redundant, uses OP and WT sensors); overspeed (redundant and independent of engine governing system)

#### Alarms, electrical:

ECU voltage, oil pressure, water temperature (low and high), overspeed, crankcase pressure, aftercooler temperature, low water level (sensor is optional attachment), air inlet restriction, exhaust stack temperature, filter differential pressure (oil and fuel)

#### Derate, electrical:

High water temperature, crankcase pressure, aftercooler temperature; air inlet restriction; altitude and exhaust temperature

#### Emergency stop pushbutton, located on instrument panel

Alarm switches (oil pressure and water temperature) for connection to PL1000 — unwired

### Starting System

Air starting motor, RH, 620 to 1034 kPa (90 to 150 psi),  
LH control  
Air silencer

### General

Paint, Caterpillar yellow, with black rails  
Vibration damper and guard  
Lifting eyes  
Engine and generator, three-point mounted to sub-base  
Lift provisions on base  
Oil drain extension  
Engine length drip pan





## ACCESSORY EQUIPMENT

---

Spark-arresting muffler	Direct rack control interface, 0-200 mA DC control
Duplex fuel filter	Marine society and IMO certifications
Duplex oil filter	Bypass centrifugal oil filter
Jacket water heater	Metal particle detector
Crankcase explosion relief valve	15° and 25° tilt capability oil sumps
Primary fuel filter	Redundant start with select switch
Fuel cooler	Single point connection terminal box
Exhaust temperature thermocouples	Prelube
Additional instrumentation:	Air filter — generator
Communications management device	Air separator
Remote panel display	Manual voltage control
Remote cylinder temperature display	Oil level regulator
Oil temperature sensor	Emergency lube oil connections
Intake manifold temperature sensors	Auxiliary drive shafts and pulleys
	Air or electric starting motors
	Fuel level switch
	Vibration isolators
	Spray shielding

## RIG BASE

---

For use with Cat or other manufacturers' generators  
Built-in three-point mounting system maintains alignment  
of engine and generator on uneven surfaces  
Keeps substructure from flexing to prevent twist at the  
base and engine-generator misalignment

## DIESEL ENGINE TECHNICAL DATA

### 3516B Engine — 1717 bkW (1500 rpm)

Engine speed	1500 rpm
Compression ratio	14:1
Aftercooler water temperature	45 deg C
Jacket water temperature	99 deg C
Fuel injection system	EUI
Exhaust manifold type	Dry
Rating	Prime
Emissions certification	IMO TIER II/EPA MARINE TIER 2
Fuel type	Diesel
Mean piston speed	9.5 m/s

RATING	NOTES	UNITS	100% LOAD	75% LOAD	50% LOAD
ENGINE POWER	1	kW	1660	1241	828
BMEP kPa		kPa	1924	1441	958

ENGINE DATA					
FUEL CONSUMPTION (NOMINAL)	6	L/hr	412	309	210
AIR FLOW RATE (@25°C, 101.3 kPa)	3,9	m <sup>3</sup> /min	145	115	81
INLET MANIFOLD PRESSURE	3	kPa	220	144	70
INLET MANIFOLD TEMPERATURE		°C	59	55	51
EXHAUST STACK TEMPERATURE	2	°C	491	479	479
EXHAUST GAS FLOW RATE (@stack temp, 101.3 kPa)	5,9	m <sup>3</sup> /min	135	106	74
EXHAUST GAS MASS FLOW RATE	5,9	kg/hr	10300	8102	5639

ENERGY BALANCE DATA					
FUEL INPUT ENERGY (LHV) (NOMINAL)		kW	4107	3080	2094
HEAT REJ. TO JACKET WATER (NOMINAL)	7	kW	600	483	361
HEAT REJ. TO ATMOSPHERE (NOMINAL)	7	kW	104	99	94
HEAT REJ. TO OIL COOLER (NOMINAL)	7	kW	219	164	112
HEAT REJ. TO EXH. (LHV to 25°C) (NOMINAL)	8	kW	1676	1274	884
HEAT REJ. TO EXH. (LHV TO 177°C) (NOMINAL)	8	kW	957	721	501
HEAT REJ. TO AFTERCOOLER	7	kW	336	185	63

### GENERATOR EFFICIENCY

Generator power determined with an assumed generator efficiency of 96% [generator power = engine power \* 0.96]. If the actual generator efficiency is less than 96% [and greater than 94.5%], the generator power [ekW] listed in the electrical data can still be achieved. The BSFC values must be increased by a factor. The factor is a percentage = 96% - actual generator efficiency

### NOTES

- 1 Power tolerance is +/- 5%
- 2 Exhaust stack temperature tolerance is +/- 8%
- 3 Inlet airflow rate tolerance is +/- 5%
- 4 Intake manifold pressure tolerance is +/- 10%
- 5 Exhaust flow rate tolerance is +/- 6%
- 6 Fuel rate tolerance is +/- 5%
- 7 Heat rejection tolerance is +/- 5%
- 8 Exhaust heat rejection tolerance is +/- 10%
- 9 Wet exhaust mass flow rate



## GENERATOR TECHNICAL DATA

### Generator\*

#### Specifications

Poles ..... 4  
Excitation..... PMG  
Pitch..... 0.7333  
Connection ..... SERIES STAR  
Max. Overspeed ..... 180% of synchronous  
Number of Bearings..... 2  
Number of Leads ..... 6  
Wires per Lead..... 8

#### Ratings

Power ..... 1550 ekW  
kVA ..... 2214  
pf ..... 0.7  
Voltage — L.L. .... 600 V  
Voltage — L.N. .... 346 V  
Current — L.L. .... 2130 A  
Frequency ..... 50 Hz  
Speed ..... 1500 rpm

#### Exciter Armature Data (at full load, 0.7 pf)

Voltage ..... 35.45 V  
Current..... 7.67 A

#### Efficiency and Heat Dissipation (per NEMA and IEC at 95°C)

Load PU	Kilowatts	Efficiency
0.25	387.5	94%
0.50	775	96.1%
0.75	1162.5	96.6%
1.00	1550	96.6%
1.10	1705	96.5%

#### Temperature and Insulation Data

Ambient Temperature..... 50°C  
Temperature Rise ..... 90°C  
Insulation Class ..... H  
Insulation Resistance (as shipped) .... 100 Megaohms  
(at 40°C)

#### Resistances

Stator (at 25°C)..... 0.0021 ohms  
Field (at 25°C)..... 1.179 ohms  
Short Circuit Ratio ..... 0.34

#### Fault Currents

Instantaneous 3-Ø symmetrical  
fault current..... 12,808 amps  
Instantaneous L-N symmetrical  
fault current..... 17,224 amps  
Instantaneous L-L symmetrical  
fault current..... 11,246 amps

#### Time Constants

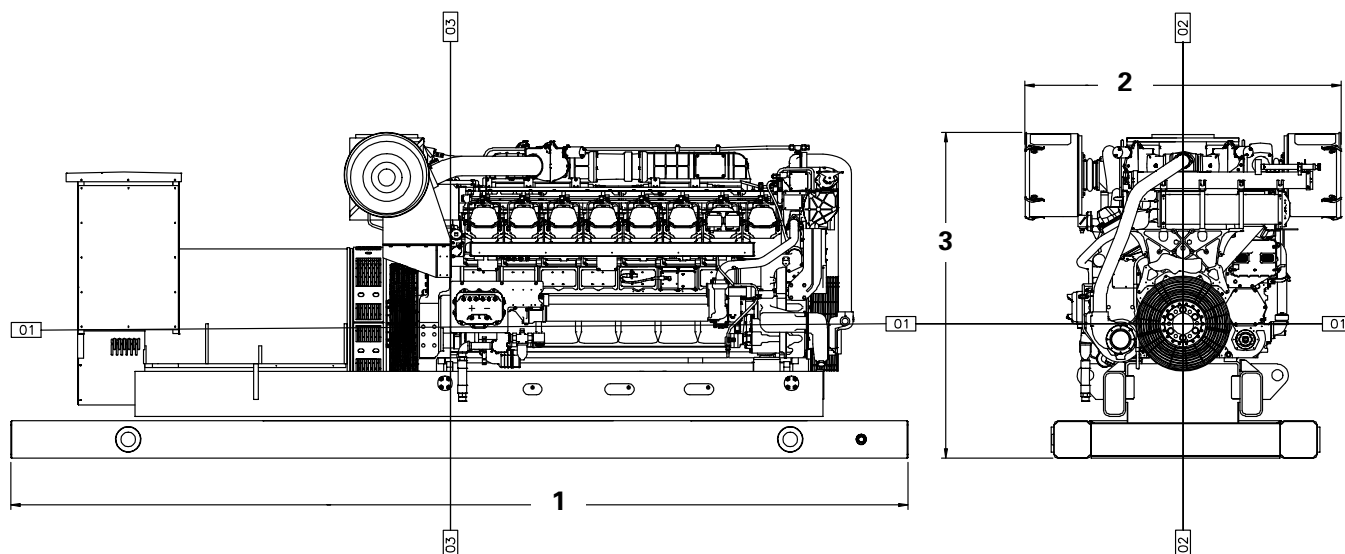
OC Transient – Direct Axis T'DO	6.687 sec.
SC Transient – Direct Axis T'D	0.5016 sec.
OC Subtransient – Direct Axis T"DO	0.0147 sec.
SC Subtransient – Direct Axis T"D	0.0122 sec.
OC Subtransient – Quadrature Axis T"QO	0.0116 sec.
SC Subtransient – Quadrature Axis T"Q	0.0099 sec.
Exciter Time Constant	0.2225 sec.
Armature SC TA	0.0693 sec.

#### Reactances

Reactances		Per Unit	Ohms
Subtransient — Direct Axis	X"D	0.1655	0.0269
Subtransient — Quadrature Axis	X"Q	0.1562	0.0254
Transient — Saturated	X'D	0.2528	0.0411
Synchronous — Direct Axis	XD	3.3688	0.5477
Synchronous — Quadrature Axis	XQ	1.6017	0.2604
Negative Sequence	X2	0.1605	0.0261
Zero Sequence	X0	0.0424	0.0069

\*Other generators are available.

## DIMENSIONS



Dimensions and Weight		
(1) Length	6095 mm	240 in
(2) Width	2147 mm	85 in
(3) Height	2214 mm	87 in
Weight – dry	17 500 kg	38,581 lb

**Note:** Dimensions are dependent on generator and options selected. See general installation drawings for detail.

**Note:** Weight includes engine, generator, base, coupling, and all auxiliary components. Weight may vary depending upon individual configuration.

## RATING DEFINITIONS AND CONDITIONS

**Rating Definition** — Maximum Continuous Rating (MCR) following reference conditions according to the International Association of Classification Societies (IACS) for main and auxiliary engines. An overload of 10% is permitted for one hour within 12 hours of operation.

**Conditions** are based on SAE J1995 standard conditions of 100 kPa (29.61 in Hg) and 25°C (77°F). These ratings also apply at ISO3046/1, DIN6271, and BS5514 standard conditions of 100 kPa (29.61 in Hg), 27°C (81°F), and 60%

relative humidity. Ratings are valid for air cleaner inlet temperatures up to and including 60°C (140°F).

**Fuel Consumption** — 5% tolerance and based on fuel oil of 35° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 62 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/liter (7.001 lbs/U.S. gal). Fuel consumption is shown with all engine-driven oil, fuel, and water pumps.

## Technical data Diesel Generator Set

## CAT 3516B-2250

Output Ratings with Radiator		DIN/ISO 3046	
Combustion Strategy		Low Emission, 60 °C ACT	
Generating set Model		<b>Prime</b>	<b>Standby</b>
400V, 50Hz, power factor 0.8		2'000 kVA	2'250 kVA
		1'600 kW	1'800 kW
Feature Code		516DE90	
Performance No.		DM8358	DM8355

Diesel Engine	
Brand	Caterpillar
Type	3516B TA
No. of Cylinders / Alignment	16 / V
Cycle	4-Stroke
Cooling Method	Water-cooled
Fuel	Diesel
Speed	1'500 rpm
Bore	170.00 mm
Stroke	190.00 mm
Displacement	69.00 L
Compression Ratio	14.0:1
Aspiration	Turbo after cooler
Fuel System	Electronic unit injection
Base Tank Capacity	n. a.
Jacket Water heaters	220 V / 9 kW
Starting Motor	24 V / 7 kW
Battery Type	153-5700
Quantity	4
Capacity per Battery / total	145 Ah - 12 V / 290 Ah - 24 V

Generator	
Brand	Caterpillar
Type / Frame	1647
Excitation	Permanent Magnet or AREP
Pitch	0.6667
Number of Poles	4
Number of Bearings	Single Bearing
Number of Leads	6
Insulation	Class H
IP Rating	IP23
Nominal Speed	1'500 rpm
Over Speed capability	150 %
Wave form Deviation (Line to Line)	2 %
Voltage Regulator	3 Phase sensing with selectible volts/Hz
Voltage regulation	Less than $\pm 1\%$ (steady state) Less than $\pm 1\%$ (no load to full load)
Telephone Influence Factor (TIF)	Less than 50
Total Harmonic Distortion (THD)	Less than 5%
CBK 3pol manual, fixed mount rear	4'000 A / 50 kA
Typical Cabeling; TN-C (Prime)	8 x 4 x 240 mm <sup>2</sup> + 4 x 1 x 240 mm <sup>2</sup>
Typical Cabeling; TN-C (Standby)	8 x 4 x 240 mm <sup>2</sup> + 4 x 1 x 240 mm <sup>2</sup>

Package Dimensions			
Engine:	Length x Width x Height	3'292 x 1'930 x 1'511 mm	
	Weight	7'935 kg	
Generator:	Length x Width x Height	2'061 x 1'380 x 1'759 mm	
	Weight	3'945 kg	
Radiator:	Length x Width x Height	1'900 x 2'588 x 3'051 mm	
	Dry Weight	884 kg	
Complete:	Length x Width x Height	6'264 x 2'588 x 3'051mm	
	Weight	13'264 kg	

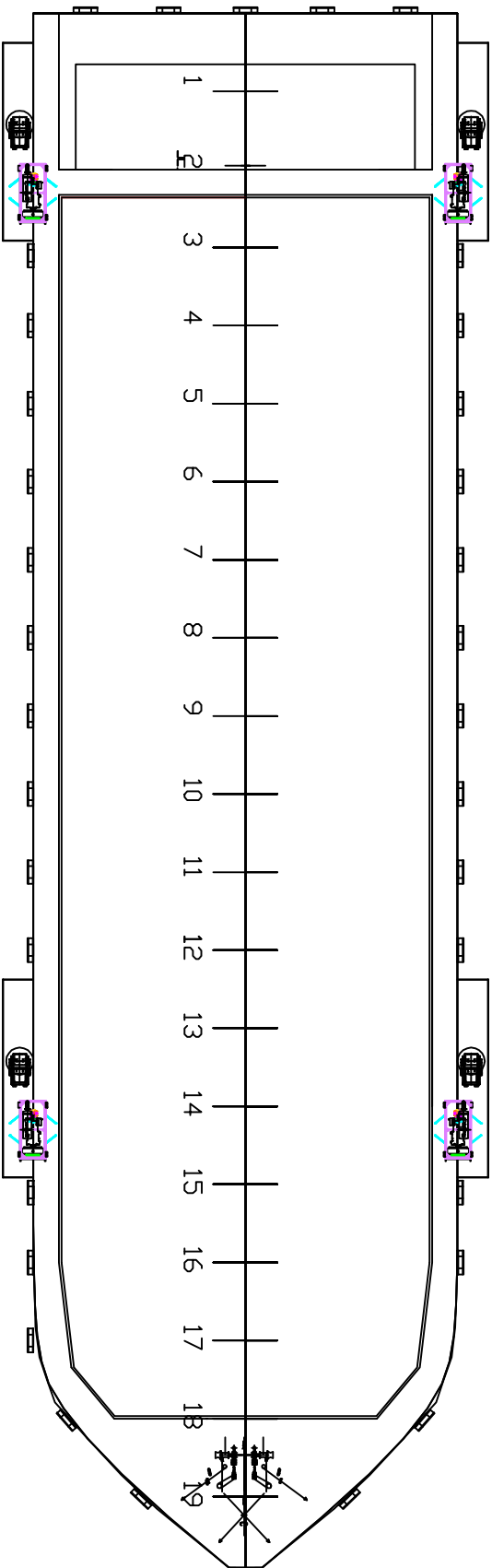


Technical Data	Prime	Standby
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with Fan	412.2 L/hr	469.8 L/hr
75% load with Fan	311.4 L/hr	348.5 L/hr
50% load with Fan	218.0 L/hr	240.8 L/hr
Oil consumption 75% load	0.247 L/hr	0.277 L/hr
<b>Cooling System</b>		
Engine coolant Capacity with Radiator / expansion Tank	382.0 L	
Engine coolant Capacity	233.0 L	
<b>Inlet Air</b>		
Combustion Air inlet flow rate	122.9 m³/min	135.2 m³/min
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas Temperature	517.0 °C	538.5 °C
Exhaust gas flow rate	339.4 m³/min	383.9 m³/min
Exhaust System backpressure max.	6.7 kPa	
<b>Heat Rejection</b>		
Heat Rejection to coolant (total)	674 kW	742 kW
Heat Rejection to exhaust (total)	1'580 kW	1'819 kW
Heat Rejection to after cooler	262 kW	341 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	158 kW	166 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	68.4 kW	80.9 kW
<b>Lube System</b>		
Sump refill with Filter	401.3 L	
<b>Exhaust Emission (Nominal Data); Potential Site Variation possible</b>		
NOx mg/nm³	2'000	2'000
CO mg/nm³	125	145
HC mg/nm³	75	60
Part Matter mg/nm³	18	17
<b>Generator</b>		
Motor starting capability @30%	5'865 skVA	
Voltage Dip		
Rated Current	2'886.4 A	3'247.6 A
Short-Circuit Current	3 x I <sub>NOM</sub>	


Radiator	
Radiator Type	44.0 CTD
Design Temperature	38 °C
Radiator coolant Capacity	149.0 L
Air Flow @ 120 Pa	1'543 m <sup>3</sup> /min
Air Flow @ 180 Pa	1'459 m <sup>3</sup> /min


Sound pressure Level LPA @ 75% Last @ 7m									
dB \ Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Overall dBA
Mechanical [Stby]	101	110	101	92	88	87	85	89	98
Exhaust [Stby]	96	107	101	92	92	93	93	89	100
Mechanical [Prim]	101	110	101	92	88	87	85	89	98
Exhaust [Prim]	96	106	100	91	91	92	93	88	99

# GENERAL ARRANGEMENT

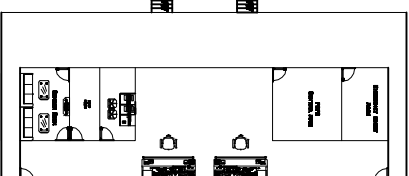
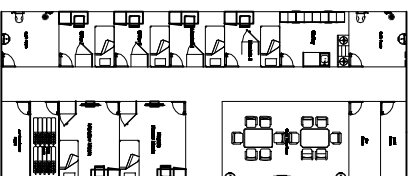
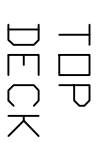



PRINCIPAL DIMENSION		
Lwl	90.1 m	
B	25 m	
H	5.5m	
T	4.2 m	
Cb	0.845 m	
Vs	8 knot	
Type	Barge	

	DEPT OF MARINE ENGINEERING - ITS	
	GENERAL ENGINEERING	
	2017-2018	
	By: [Signature]	
DATE:	2017	2018
GROUP:	GROUP	

<b>PRINCIPAL DIMENSION</b>		 <b>GENERAL ENGINEERING - ITS</b> CATERPILLAR GROUP INCORPORATED
Lwd	90.1 m	
B	25 m	
H	5.5m	
T	4.2 m	
Cb	0.845 m	
Vs	8 knot	
Type	Barge	

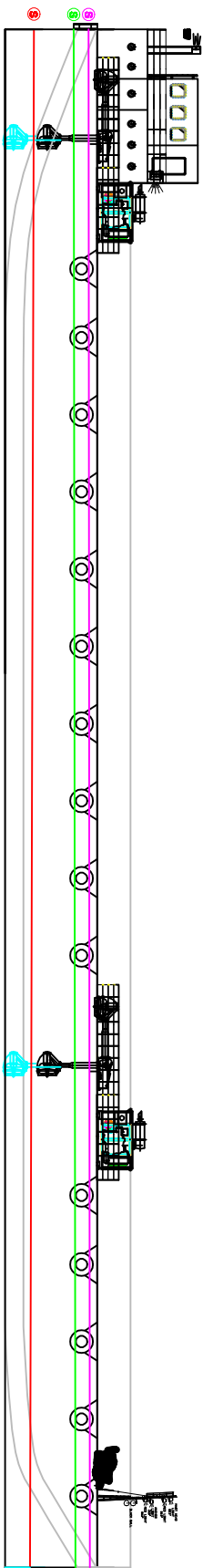
# GENERAL ARRANGEMENT



		<b>DEPT. OF MARINE ENGINEERING - ITS</b> <b>SEMINAR GROUP 2016/2017</b>	
<b>GENERAL ENGINEERING</b>		<b>SEMINAR 1</b> <b>2017/2018</b> <b>7/2018</b> by Agnes Darmasari, M. Sc., M. Eng. and Indira Pratiwi, ST, MT.	
<b>DATE :</b>	<b>SCALE :</b>	<b>SKETCH</b>	




# GENERAL ARRANGEMENT



SHARCL	KETERANGAN
①	SARAT AIR KONDISI 1
②	SARAT AIR KONDISI 2
③	SARAT AIR KONDISI 3

PRINCIPAL DIMENSION	
Lwl	90.1 m
B	25 m
H	5.5m
T	4.2 m
Cb	0.845 m
Vs	8 knot
Type	Barge



**PT GENERAL ENGINEERING - ITS**  
Jl. Raya Darmasari, No. 100, Jember, Jawa Timur 60132  
Telp. (031) 8311111  
Email: info@ptge-its.com

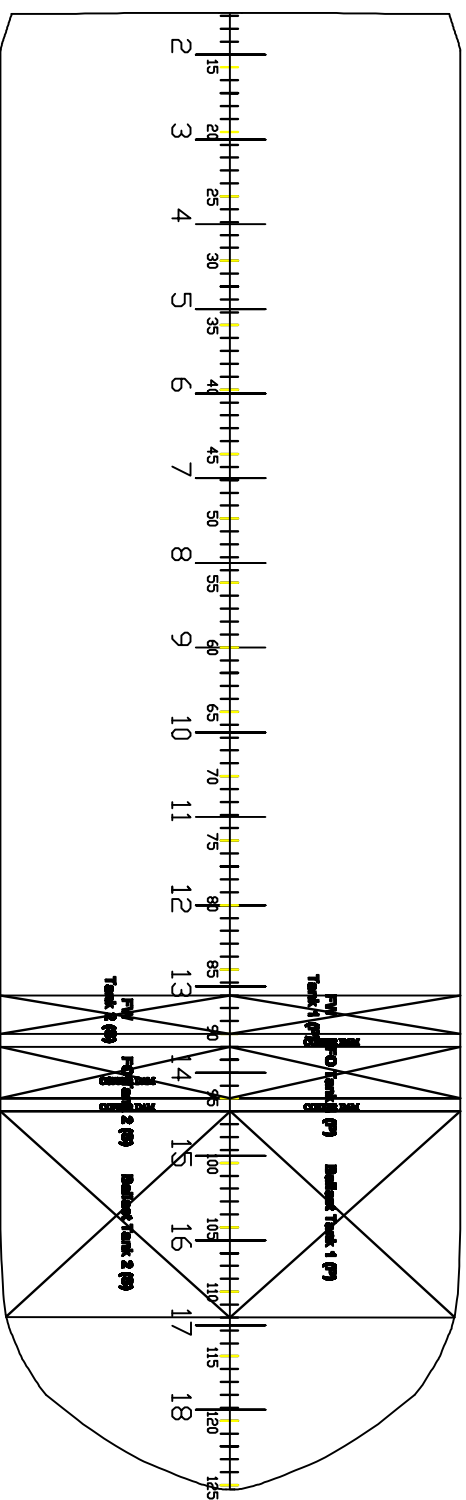
**GENERAL ENGINEERING**  
Jember, Jawa Timur  
Telp. (031) 8311111  
Email: info@ptge-its.com

**SKALA**  
1:1000



**REVISI**  
1

**NO. DOKUMEN**  
GE-ITS-001

# GENERAL ARRANGEMENT



PRINCIPAL DIMENSION		
Lwl	90.1 m	
B	25 m	
H	5.5m	
T	4.2 m	
Cb	0.845 m	
Vs	8 knot	
Type	Barge	

	DEPT of MARINE ENGINEERING - ITS	
	GENERAL ENGINEERING	
DATE :	REVISI :	REVISI :
01/10/2020	01/10/2020	01/10/2020
By: (Signature)		
Reviewed: (Signature)		
Approved: (Signature)		

## BIODATA PENULIS



Izzu Alfari Murtadha, lahir di Lumajang - Jawa Timur, pada tanggal 19 Juni 1994, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Syamsul Munir dan Dyah Harsanti. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari SD Ditotrunan 1 Lumajang, SMPN 1 Sukodono, dan SMAN 1 Lumajang. Kemudian di tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam kegiatan akademik, penulis terdaftar sebagai member *Marine Machinery and Design Laboratory*. Dalam kegiatan non-akademik, penulis aktif sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL) ITS pada kepengurusan periode 2012-2013 sebagai staff Departemen Minat dan Bakat.

Izzu Alfari Murtadha  
Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK, ITS  
alfaris.murtadha@gmail.com